

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

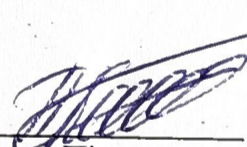
Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару

Назва теми

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Шифр, назва
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Шифр, назва
Освітня програма «Галузеве машинобудування»

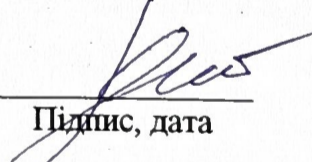
Шифр МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група МБм-24-1


Підпис

Коцюрба П.Г.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата


проф. Скиба М.Є.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С.І. Пугач
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:


Підпис, дата

доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

10 12 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень магістр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Шифр і назва
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Шифр і назва
Освітня програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н./доц. Неймак В.С.

Неймак В.С. 12 .2025р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Коцюмба Павло Григорович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару

керівник роботи д.т.н., проф. Скиба М.Є.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 25 08 2025 р. № 65

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики обладнання для укладання продукції - аналогів

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. 2. Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару. 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність автомату для укладання фасованої сировини у тару. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Аркуш 1. Обладнання для укладання продукції. Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Схема роботи машини. Документ технологічний (A1). Аркуш 3. Автомат для укладання фасованої сировини. Вид загальний (A1). Аркуш 4. Механізм захватної головки. Складальне креслення (A1). Аркуш 5. Механізм фіксації виробу. Складальне креслення (A1). Аркуш 6. Схема автоматизації роботи автомату. Схема функціональна (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

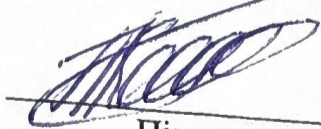
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

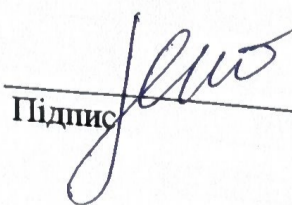
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи	до 29.10.24р.	
2. Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару	до 11.11.24р.	
3. Розрахунки, що підтверджують працездатність автомату для укладання фасованої сировини у тару	до 21.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.24р.	

Студент


Підпис

П.Г. Коцюрба
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

М.Є. Скиба
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Коцюмба Павло Григорович

2. Тема магістерської роботи Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 70

5. Актуальність теми полягає у необхідності підвищення ефективності підготовки сировини, що використовується у легкій промисловості, шляхом автоматизації операцій її пакування та укладання. Реалізація запропонованої конструкції дозволить зменшити втрати матеріалів, скоротити трудомісткість процесів, покращити санітарно-гігієнічні умови праці та забезпечити стабільну якість постачання сировини підприємствам легкої промисловості. Отже, тема магістерської роботи є актуальною з наукової та практичної точки зору.

В роботі розроблено автомат для укладання фасованої сировини у тару. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи. В другому здійснено розробку автомату для укладання фасованої сировини у тару. В третьому розділі виконано розрахунки, що підтверджують працездатність автомату для укладання фасованої сировини у тару.

Підпис студента

" 10 " 12 20 25 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 3 від " 23 " 12 20 25 р.

Оцінка проекту ЕК добре / с / 78

Рекомендації ЕК -

Особливі відмітки -



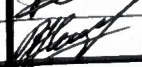
Технічний секретар

Підошвіць Д. В.

" 23 " 12 20 25 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики магістерської роботи	8
1.1 Значення процесів пакування та укладання сировини у галузях, що забезпечують потреби легкої промисловості	8
1.2 Характеристика сировини, що використовується у підприємствах легкої промисловості та надходить із суміжних галузей	10
1.3 Огляд технологічних процесів фасування та укладання сипких і гранульованих матеріалів	15
1.4 Аналіз конструкцій і принципів дії машин для укладання пакетів	19
1.5 Приклади використання автоматизованих систем для пакування продукції в різних галузях	22
1.6 Висновки до першого розділу	33
2 Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару	35
2.1 Розробка технологічної схеми укладальника пакетів із сировиною	35
2.2 Розробка конструкції укладальника фасованої сировини у тару	37
2.3 Принцип роботи укладальника фасованої сировини у тару	41
2.4 Розробка системи автоматизації укладальника фасованої сировини у тару	42
2.5 Монтаж, налагодження та експлуатація автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару	50
2.6 Висновки до другого розділу	54

МРМА25.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Розробка автомату для укладання фасованої сировини у тару Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Коцюрба					М	4	70
Перевір.	Скиба					ХНУ гр.МБм-24-1		
Н.контр. Затвер.	Неймак							

3	Розрахунки, що підтверджують працездатність автомату для укладання фасованої сировини у тару	55
3.1	Розрахунок виконавчих механізмів з пневматичним приводом	55
3.2	Розрахунок параметрів пневмоприводу механізму переміщення масиву фасованої сировини	60
3.3	Висновки до третього розділу	65
	Висновки	67
	Перелік джерел посилання	69
	Додаток А	

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасна легка промисловість характеризується широким використанням різноманітних матеріалів, необхідних для виготовлення виробів та забезпечення їх належного догляду [1]. До таких матеріалів належать полімерна сировина, порошкові барвники, клейові й допоміжні суміші, гранульовані наповнювачі, абсорбенти та інші дрібнодисперсні речовини. Хоча ці матеріали не виробляються безпосередньо на підприємствах легкої промисловості, вони постачаються з суміжних галузей і широко застосовуються на швейних, взуттєвих, трикотажних та текстильних виробництвах.

Під час транспортування та зберігання зазначені матеріали потребують надійного пакування в коробки, герметичні пакети або мішки, а також їх упорядкованого укладання у транспортну тару - картонні коробки або контейнери. На багатьох підприємствах ця операція виконується вручну, що призводить до зниження продуктивності, перевитрати часу, пошкодження упаковки й втрат матеріалів. Водночас сучасні вимоги до ефективності виробництва передбачають мінімізацію ручної праці, автоматизацію логістичних операцій і дотримання санітарно-технічних норм при роботі з сипкими або порошкоподібними речовинами.

Проблема полягає в тому, що вітчизняні підприємства не мають достатньої кількості компактних і доступних автоматів для укладання пакетів із сипкими матеріалами, які використовуються у легкій промисловості. Існуюче обладнання часто є застарілим або пристосованим з інших галузей без урахування специфіки фасування полімерних і порошкових речовин. Це створює потребу у розробці нового типу укладального автомата, здатного забезпечити високу точність, продуктивність і надійність процесу.

Метою магістерської роботи є розробка автомата для укладання пакетів із сировиною у тару для потреб легкої промисловості. Такий пристрій належить до пакувального обладнання заключної стадії підготовки матеріалів до використання у виробництві виробів легкої промисловості. Він призначений для механізації

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

процесу укладання полімерної, барвникової, порошкової та іншої дрібнодисперсної сировини в транспортну тару перед її постачанням на підприємства-споживачі.

Запропонована конструкція передбачає використання пневматичних механізмів подачі та фіксації пакетів, напрямних систем і складного мундштука для точного розміщення пакетів у коробках. Такий підхід забезпечує збереження товарного вигляду упаковки, синхронізацію з фасувальним обладнанням і підвищує рівень автоматизації пакувально-логістичних процесів.

Актуальність теми полягає у необхідності підвищення ефективності підготовки сировини, що використовується у легкій промисловості, шляхом автоматизації операцій її пакування та укладання. Реалізація запропонованої конструкції дозволить зменшити втрати матеріалів, скоротити трудомісткість процесів, покращити санітарно-гігієнічні умови праці та забезпечити стабільну якість постачання сировини підприємствам легкої промисловості.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Значення процесів пакування та укладання сировини у галузях, що забезпечують потреби легкої промисловості

Пакування та укладання сировини посідають одне з ключових місць у структурі технологічних процесів галузей, які забезпечують підприємства легкої промисловості матеріальними ресурсами [2, 3]. Ці процеси не лише впливають на збереження фізико-хімічних властивостей продукції під час транспортування та зберігання, але й визначають рівень технологічної готовності матеріалів до використання у виробництві готових виробів. Від правильно організованого пакувально-укладального етапу залежить безперервність постачання, мінімізація втрат, а також зручність і безпечність поводження із сировиною.

У практиці легкої промисловості застосовується широкий спектр допоміжних матеріалів, які виготовляються у суміжних галузях - хімічній, полімерній, целюлозно-паперовій, фарбувальній, пакувальній. До таких матеріалів належать:

- полімерні гранули (поліетилен, поліпропілен, ТПУ, EVA, ПВХ), що використовуються у виробництві підшов, фурнітури, декоративних елементів;
- порошкові барвники та пігменти, які застосовують у процесах фарбування текстильних та шкіряних матеріалів;
- дрібнодисперсні наповнювачі, абсорбенти, крохмальні та миючі суміші, що входять до складу засобів догляду за готовими виробами;
- гранульовані клеї та полімерні смоли, призначені для склеювання елементів взуття або текстильних матеріалів.

Такі матеріали характеризуються різною насипною щільністю, сипкістю, гігроскопічністю, схильністю до злежування, а також потребують певних умов транспортування й зберігання. Їх постачання, як правило, здійснюється у вигляді

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

фасованих пакетів або мішків масою від 0,5 до 25 кг, які з метою захисту від механічних пошкоджень та впливу навколишнього середовища укладаються в транспортну тару - гофрокартонні коробки, полімерні контейнери або дерев'яні ящики.

Операції пакування й укладання таких матеріалів мають високу трудомісткість і вимагають точності позиціонування пакета в обмеженому об'ємі тари. При ручному укладанні виникають проблеми з нерівномірністю розміщення пакетів, деформацією упаковки, розгерметизацією, а також значним зниженням швидкості процесу. Крім того, під час роботи з порошковими або дрібнодисперсними речовинами ускладнюються санітарно-гігієнічні умови - можливе запилення робочого простору, що негативно впливає на безпеку працівників.

У зв'язку з цим провідні підприємства суміжних галузей активно впроваджують автоматизовані пакувально-укладальні системи, які забезпечують високу продуктивність, стабільність параметрів і мінімальне втручання оператора. Такі системи поєднують функції дозування, герметизації, формування рядків пакетів, транспортування та укладання у тару. Використання пневматичних, електромеханічних і вакуумних приводів дозволяє точно позиціонувати пакети та запобігати їх пошкодженню.

Рівень автоматизації процесів пакування є важливим показником технологічної зрілості підприємства [4, 5]. Високопродуктивне обладнання не лише прискорює обробку матеріалів, але й забезпечує повторюваність результатів, знижує витрати енергії, виключає людський фактор та втрати від браку. Для галузей, які постачають сировину у легку промисловість, це означає підвищення конкурентоспроможності, скорочення витрат на логістику та збільшення стабільності якості поставок.

З боку підприємств легкої промисловості така модернізація дозволяє отримувати матеріали у стандартизованому пакуванні, придатному для автоматичного

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

завантаження у змішувачі, дозатори, фарбувальні апарати або екструдери. Зменшується кількість ручних операцій при відкритті, пересипанні чи перерозподілі сировини на виробництві.

Отже, ефективна система пакування й укладання сировини в суміжних галузях є невід'ємною складовою підготовки матеріалів для підприємств легкої промисловості. Вона забезпечує цілісність продукту, скорочує логістичні витрати, підвищує безпечність праці та екологічність процесів. Удосконалення машин і автоматів для укладання пакетів із сипкими або гранульованими матеріалами має стратегічне значення, адже саме такі рішення формують технологічний місток між галузями-постачальниками сировини та споживачами у легкій промисловості.

Таким чином, розробка автомату для укладання пакетів з полімерною, барвниковою чи іншою дрібнодисперсною сировиною у тару є важливим напрямом розвитку пакувально-логістичних технологій. Це дає змогу підвищити ефективність матеріально-технічного забезпечення підприємств легкої промисловості та сприяє загальному зростанню рівня автоматизації виробничих систем в Україні.

1.2 Характеристика сировини, що використовується у підприємствах легкої промисловості та надходить із суміжних галузей

Виробництва легкої промисловості - швейне, взуттєве, трикотажне, текстильне, шкіряне, галантерейне - потребують значних обсягів сировини, яка не виготовляється в самій галузі, але надходить з інших, суміжних напрямів промисловості [6]. До таких належать: хімічна, полімерна, фарбувальна, лакофарбова, целюлозно-паперова, пакувальна, а також переробна промисловість, що виробляє допоміжні матеріали, барвники, клеї, наповнювачі та компаунди. Саме ці матеріали формують основу технологічних процесів у легкій промисловості, забезпечуючи необхідні властивості кінцевих виробів - міцність, еластичність, волого- та термостійкість, зовнішній вигляд і довговічність.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Залежно від призначення та агрегатного стану, сировина, яка надходить у легку промисловість, поділяється на кілька основних груп: полімерна гранульована, порошкова (дрібнодисперсна), барвникова, клейова, допоміжна технологічна, а також матеріали для догляду за готовими виробами. Кожна з цих груп має власні вимоги до пакування, умов зберігання, транспортування та укладання в тару. Саме ці вимоги визначають необхідність створення надійних і універсальних систем автоматизованого укладання пакетів із сировиною.

Полімерна сировина (рис.1.1) [7].

До цієї категорії належать гранули термопластичних полімерів - поліетилен (ПЕ), поліпропілен (ПП), полівінілхлорид (ПВХ), термопластичний поліуретан (ТПУ), етиленвінілацетат (EVA), поліаміди, поліетилентерефталат (ПЕТ) та інші. Ці матеріали широко використовуються для виготовлення деталей взуття (підшви, устілки, фурнітура), текстильних елементів (волокна, плівки, нитки), оздоблювальних елементів і декоративних вставок.



Рисунок 1.1 – Полімерна сировина

Полімерні гранули постачаються переважно в герметичних поліетиленових або комбінованих пакетах, масою від 1 до 25 кг. Важливою характеристикою є їх гігроскопічність: навіть незначне зволоження призводить до агломерації гранул, погіршення їх текучості та збільшення відсотка відходів під час плавлення. Тому пакування має бути вологостійким, герметичним, здатним витримувати перепади температури при транспортуванні. Для уникнення деформації пакетів вони

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

часто укладаються у гофрокартонні коробки або на дерев'яні та полімерні піддони.

Підприємства, які постачають полімерну сировину, використовують механізовані пакувальні лінії з ваговими дозаторами, запаювальними пристроями та укладальними механізмами. Саме останній етап - укладання фасованих пакетів у транспортну тару - визначає збереження форми, стабільність штабеля, рівномірність розподілу навантаження та можливість автоматизованого транспортування.

Барвники та допоміжні хімікати (рис.1.2) [9].

Барвники у вигляді порошків, гранул або концентрованих паст використовуються у виробництві тканин, ниток, шкір, синтетичних волокон, текстильних плівок. Їх виготовлення належить до хімічної промисловості, а постачання у легку промисловість потребує спеціального пакування, що запобігає взаємодії з повітрям та вологою. Часто барвники транспортуються в поліетиленових або багатошарових паперових пакетах, які потім укладаються в коробки або контейнери.



Рисунок 1.2 - Барвники та допоміжні хімікати

Разом із барвниками надходять допоміжні реагенти - фіксатори, каталізатори, розчинники, стабілізатори, поверхнево-активні речовини, знебарвлювачі. Їхні фізико-хімічні властивості вимагають суворого дотримання умов транспортування та маркування. Втрати або розсипання таких матеріалів не лише збільшують собівартість, але й можуть створювати небезпеку для працівників через утво-

рення пилу або токсичних випарів. Саме тому укладання фасованих пакетів у захисну тару повинно бути механізованим, із використанням герметичних камер, пневмосистем і контролю дозування.

Клейові, смолоподібні та компаундні суміші (рис.1.3) [9].

У взуттєвій, швейній та галантерейній промисловості активно використовуються гранульовані або порошкові клеї, полімерні смоли, термопластичні компаунди, які застосовуються для склеювання шарів матеріалів, кріплення підошов, нанесення покриттів або зміцнення текстильних структур. Такі суміші зазвичай мають підвищену адгезію, тому їх пакування має бути антиадгезійним (з використанням поліетиленових або фторопластових плівок).



Рисунок 1.3 – Клейові суміші

Через свою легкість і схильність до злежування ці матеріали фасуються у пакети невеликої маси (0,5–2 кг), які укладаються у картонну тару по 10–20 штук. При цьому важливо забезпечити рівномірне розміщення пакетів у ящику для запобігання деформації й прилипання до стінок. У багатьох випадках саме укладальний механізм визначає продуктивність усієї фасувально-пакувальної лінії.

Порошкові та наповнювальні матеріали (рис.1.4) [10].

До цієї групи належать технологічні наповнювачі - тальк, каолін, крейда, крохмаль, діоксид титану, карбонати, абсорбенти, а також волокнисті суміші (целюлозні мікрволокна, порошки з відходів полімерів), які застосовуються як добавки до полімерних композицій, текстильних або шкіряних матеріалів.



Рисунок 1.4 – Порошкові наповнювачі

Такі речовини мають дрібнодисперсну структуру і характеризуються високою пилоутворюваністю, тому потребують герметичного пакування та ущільненого укладання. Пакети виготовляються з ламінованих поліетиленових або поліпропіленових плівок, що запобігають проникненню вологи. Автоматизовані укладальники при цьому повинні мати механізми плавного опускання пакетів, щоб уникнути розриву швів і розсипання продукту.

Допоміжні сипкі матеріали для догляду за виробами (рис.1.5).



Рисунок 1.5 - Допоміжні сипкі матеріали

До них належать порошкові засоби для чищення, полірування, фарбування, дезінфекції, ароматизації або освіження тканин і взуття. Такі матеріали постачаються в споживчих пакетах, які потребують подальшого укладання у транспортну тару для відправки на склади чи до торговельних мереж. Вимоги до пакування - щільність, збереження товарного вигляду, стійкість до механічних навантажень і зручність штабелювання.

Всі зазначені види сировини мають спільну особливість - необхідність точного дозування, герметичного фасування та безпечного укладання у транспортну

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

тару. У разі порушення цих умов можливі втрати матеріалу, зміна властивостей (волога, грудкування, злежування), забруднення робочого середовища. Тому на підприємствах суміжних галузей активно впроваджуються механізовані лінії, які об'єднують операції дозування, пакування, запаювання, укладання та відведення готових ящиків.

Автоматизовані системи укладання відіграють ключову роль у забезпеченні безперервності логістичного ланцюга «виробник сировини - споживач у легкій промисловості». Їх використання дозволяє стандартизувати масу пакета, обсяг тари, кількість одиниць у коробці, полегшує транспортування та облік продукції. Крім того, автоматизація сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов праці, особливо під час роботи з порошковими, хімічно активними або токсичними речовинами.

Таким чином, сировина, що надходить до підприємств легкої промисловості із суміжних галузей, є багатокомпонентною та різнорідною за властивостями. Однак спільною для неї є потреба у високоефективних пакувально-укладальних технологіях, які забезпечують цілісність, зручність і безпечність постачання. Саме це визначає актуальність розроблення універсального автомату для укладання пакетів із полімерною, барвниковою, порошковою та іншою сировиною у тару - пристрою, здатного адаптуватися до різних типів матеріалів і упаковок, що використовуються у сучасному виробничо-логістичному середовищі легкої промисловості.

1.3 Огляд технологічних процесів фасування та укладання сипких і гранульованих матеріалів

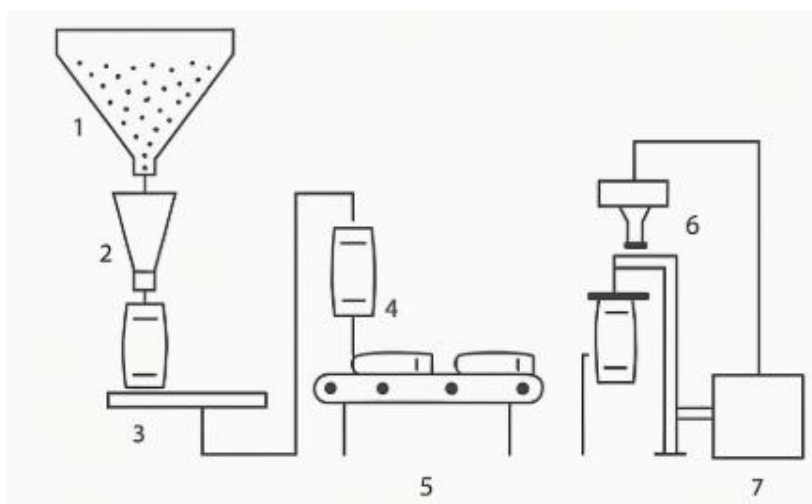
Фасування та укладання сипких і гранульованих матеріалів є завершальними етапами технологічного циклу підготовки сировини до транспортування, зберігання і подальшого використання на підприємствах. Ці процеси мають важливе значення для галузей, які постачають сировину у легку промисловість, адже від них залежить цілісність упаковки, стабільність дозування, зручність логістики

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

та економічність операцій. Саме тому фасування і укладання розглядаються не лише як допоміжні, а як критично важливі технологічні ланки, що визначають загальну якість матеріально-технічного забезпечення виробництва.

Сучасна технологія фасування сипких матеріалів побудована на принципі автоматизації послідовних операцій, які забезпечують точність дозування, герметичність упаковки й узгодження подачі продукції з наступними транспортними або укладальними механізмами. Типова технологічна лінія складається з таких основних етапів: подача матеріалу, дозування, формування пакета, його герметизація, транспортування до зони укладання, укладання у транспортну тару та відведення готової продукції.

На рис. 1.6 наведено схему послідовності процесів фасування сипких матеріалів, що застосовується на підприємствах хімічної, полімерної та барвникової промисловості, продукція яких постачається у легку промисловість.



- 1 – бункер з матеріалом; 2 – дозатор (шнековий або ваговий); 3 – формувач пакета; 4 – запаювальний пристрій; 5 – транспортер готових пакетів;
6 – укладальник; 7 – транспортна тара (ящик або контейнер)

Рисунок 1.6 – Схема технологічної лінії фасування сипких матеріалів:

Подача матеріалу з бункера або силосу здійснюється шнековими, стрічковими або вібраційними транспортерами. Для матеріалів з невеликою фракцією за-

стосовують також пневмотранспорт, який забезпечує плавне дозування і відсутність розпилення. На етапі дозування використовуються вагові або об'ємні дозатори, що забезпечують точність від $\pm 0,5$ до $\pm 1,0$ %. Найбільш поширеними є тензOMETричні дозатори, у яких маса порції вимірюється електронними датчиками, а клапан подачі закривається автоматично після досягнення заданої маси.

Формування пакета може здійснюватися двома способами: із рулонної плівки (у вертикальних фасувально-пакувальних автоматах типу VFFS) або шляхом наповнення готових пакетів. У першому випадку плівка згортається у трубку, запаюється знизу, заповнюється матеріалом і герметизується зверху. У другому варіанті застосовується механізм розкриття та утримання пакетів, у який дозовано подається матеріал, після чого отвір пакета запаюється або зав'язується.

Готові пакети подаються по стрічковому або роликовому конвеєру до зони укладання. Ця ділянка є однією з найвідповідальніших, оскільки від правильного розміщення пакетів у коробці залежить їхня збереженість під час транспортування. Укладання може здійснюватися вручну, механізовано або повністю автоматизовано. На сучасних лініях використовується пневматичний або електромеханічний укладальник, який за допомогою зіштовхувача або кареткового механізму переміщує групу пакетів у коробку.

На рис. 1.2 представлено спрощену структурну схему автоматизованої лінії фасування та укладання пакетів із сипким матеріалом, у якій усі елементи працюють у єдиному циклі під керуванням програмного контролера.

Укладання пакетів у коробки може бути рядковим, штабельним або комбінованим. При рядковому укладанні пакети розташовуються у паралельних рядах однакового напрямку, при штабельному – кожен наступний ряд зміщується для підвищення щільності. Комбінований спосіб передбачає чергування напрямків рядів, що дозволяє максимально заповнити об'єм коробки. При цьому автомат має забезпечувати узгодження швидкості подачі пакетів і циклів опускання каретки.

Для запобігання деформації пакетів застосовують механізм складного мундштука - систему з двох або чотирьох пластин, що розсуваються у момент

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, сучасні фасувально-укладальні технології для сипких і гранульованих матеріалів являють собою інтегровані системи з високим рівнем автоматизації, які поєднують дозування, формування, запаювання, транспортування та укладання у єдиний цикл. Подальше вдосконалення таких систем спрямоване на зменшення габаритів, енергоспоживання та вартості обладнання, що особливо важливо для підприємств, які постачають сировину для легкої промисловості.

Розробка автомату для укладання пакетів із сировиною у тару, яка є предметом даної магістерської роботи, базується саме на аналізі цих сучасних технологічних рішень і має на меті створення ефективного, надійного й універсального пристрою, здатного працювати з різними типами сипких і гранульованих матеріалів, забезпечуючи стабільну якість пакування та високу продуктивність.

1.4 Аналіз конструкцій і принципів дії машин для укладання пакетів

Машини для укладання пакетів належать до групи пакувально-логістичного обладнання, призначеного для автоматизації процесу розміщення фасованої продукції у транспортну тару. Вони застосовуються у різних галузях — від харчової та хімічної до полімерної, фармацевтичної і текстильної — та є важливою частиною інтегрованих виробничих ліній. У контексті постачання сировини для легкої промисловості укладальні автомати відіграють ключову роль у забезпеченні стабільності процесу пакування сипких, гранульованих, порошкових і барвникових матеріалів, що фасуються у полімерні або комбіновані пакети.

Конструкція укладальників залежить від типу продукції, форми пакета, виду тари та необхідної продуктивності. Проте всі такі машини мають спільні функціональні вузли: механізм подачі пакетів, систему формування масиву (ряду), механізм переміщення або зіштовхування, пристрій фіксації, систему укладання в тару, а також керувальні елементи - пневмоциліндри, електродвигуни, датчики положення і пульт управління.

1. Механічні укладальники.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Це найпростіші конструкції, що здійснюють переміщення пакетів за допомогою кулачкових, важільних або кривошипно-шатунних механізмів. Механічний привід забезпечує циклічний рух каретки, яка утримує пакет і опускає його в ящик. Такі системи вирізняються високою надійністю і простотою обслуговування, але мають обмежену швидкодію і вимагають точної синхронізації з подачею пакетів. Їх недоліком є відносно велика маса рухомих елементів, що підвищує інерційність і зменшує плавність роботи. Механічні укладальники доцільні для малих і середніх виробництв, де важлива простота та невисока вартість.

2. Пневматичні укладальники.

Найбільш поширений тип обладнання для роботи з пакетами середньої ваги (0,5–5 кг). Рух елементів забезпечується за допомогою пневмоциліндрів, які керуються електропневматичними клапанами. Перевагою таких систем є плавність руху, регулювання швидкості за допомогою дроселів, низький рівень шуму та відсутність мастильних матеріалів у зоні контакту з упаковкою. Пневматичні укладальники широко використовуються в автоматизованих лініях, де потрібно акуратно розміщувати пакети з сипкими або гранульованими матеріалами у гофрокартонні коробки. Недоліком є залежність від тиску повітря в мережі та необхідність очищення повітря від вологи й домішок.

Типова конструкція пневматичного укладальника складається з накопичувального столу, пневмоциліндра зіштовхування ряду, каретки з вертикальним ходом, механізму фіксації пакетів і складного мундштука з розсувними стулками. Цикл роботи включає накопичення заданої кількості пакетів, їх зіштовхування в зону укладання, фіксацію, відкриття мундштука, опускання пакета у коробку та повернення каретки у вихідне положення.

3. Вакуумні укладальники.

Ці машини застосовуються для легких пакетів або плівкової упаковки, що має гладку поверхню. Захоплення здійснюється вакуумними присосками, встановленими на маніпуляторі, який переміщує пакети у коробку. Такі системи забез-

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

печують високу точність позиціонування і можуть працювати з великою швидкістю без пошкодження упаковки. Проте вони потребують стабільного вакуумного насоса та системи очищення повітря.

4. Роботизовані укладальники.

Останніми роками активно впроваджуються роботизовані системи укладання, що використовують багатовісні маніпулятори з електромеханічним або комбінованим приводом. Вони можуть виконувати адаптивне укладання — визначати положення пакета за допомогою візуальних датчиків, регулювати кут нахилу захвату і змінювати схему укладання залежно від розміру тари. Такі системи особливо ефективні для підприємств, які мають різні типи продукції або працюють у багатономенклатурному режимі. Недоліком є висока вартість і складність обслуговування, але вони забезпечують найвищу продуктивність і гнучкість.

5. Комбіновані системи.

У практиці фасування сипких матеріалів поширені комбіновані укладальники, у яких поєднано пневматичні приводи для зіштовхування й механічні або електроприводи для вертикального переміщення каретки. Такі системи дозволяють регулювати зусилля подачі, забезпечувати плавність опускання пакета та синхронізувати процес із роботою транспортерів і дозаторів.

Цикл роботи пневматичного укладальника складається з кількох фаз. На першій фазі пакети, які надходять із фасувального автомата, накопичуються на столі. Після утворення ряду спрацьовує горизонтальний пневмоциліндр, який зіштовхує ряд у зону формування масиву. Далі інший пневмоциліндр подає утворений масив до мундштука. Після фіксації пакетів рухомими і нерухомими стінками відкриваються стулки мундштука, і каретка з масивом плавно опускається вниз, розміщуючи пакети в коробку. Після цього тиск у системі скидається, каретка повертається у верхнє положення, а заповнена тара транспортується на конвеєр для подальшого переміщення.

Для легких і деформаційно нестійких пакетів у конструкцію укладальників вводять підпружинені напрямні та демпфери, які пом'якшують динамічні удари.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У сучасних машинах передбачено оптичні або індуктивні датчики, що фіксують положення пакета й сигналізують про заповнення ящика.

Загальний аналіз існуючих конструкцій укладальників показує, що основними напрямками їх удосконалення є:

- зменшення габаритів і маси рухомих частин;
- інтеграція з фасувальними і конвеєрними лініями;
- підвищення швидкодії при збереженні точності позиціонування;
- використання сервоприводів і контролерів для плавного регулювання руху;
- впровадження систем контролю положення і маси пакетів у реальному часі.

Таким чином, розвиток машин для укладання пакетів відбувається у напрямі автоматизації, універсальності та адаптивності. Для потреб підприємств, що забезпечують легку промисловість сировиною, особливо важливими є компактність, простота налагодження, надійність і можливість роботи з різними видами пакувальних матеріалів. Розробка автомату з комбінованим пневмомеханічним приводом, який забезпечує акуратне та точне укладання пакетів у транспортну тару, є доцільним рішенням, що поєднує високу продуктивність і доступність конструкції.

1.5 Приклади використання автоматизованих систем для пакування продукції в різних галузях

1.5.1 Автоматичний укладальник дощок

Автоматичний укладальник дощок призначений для механізованого формування транспортних або сушильних пакетів з пиломатеріалів хвойних і листяних порід (рис.1.3) (аркуш [МРМА25.00.00.000ДО] [11]. Його основна функція полягає в автоматичному укладанні дощок, що надходять із лісопильної або стрічкової лінії, у рівномірні шари із заданими параметрами, з можливістю розділення шарів прокладками. Така конструкція дозволяє забезпечити правильну геометрію

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

стопки, прискорити процес підготовки деревини до сушіння або транспортування та мінімізувати ручну працю.



Рисунок 1.3 - Автоматичний укладальник дощок

Конструктивно укладальник складається з кількох основних вузлів:

- механізму подачі дощок, який транспортує пиломатеріал із попередньої технологічної лінії (сортувальної або обрізної);
- системи орієнтації та вирівнювання, що забезпечує правильне розташування дощок за довжиною і шириною перед укладанням;
- маніпулятор або штовхальний механізм, який переміщує дошки у зону укладання та формує шари;
- стола формування пакета, на якому дошки укладаються в стопу з можливістю встановлення дерев'яних або полімерних прокладок між шарами;
- системи регулювання розмірів, яка дозволяє швидко переналаштовувати обладнання під різну довжину, ширину та товщину матеріалу.

Основна перевага укладальника полягає у гнучкості налаштування: оператор може встановлювати необхідну кількість шарів у пакеті, а також інтервал між ними. Це робить пристрій придатним як для підготовки деревини до сушильних камер, так і для створення транспортних пакетів, що зберігають правильну геометрію під час перевезення.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

роботи з пакетами сипких, порошкових або полімерних матеріалів у легкій промисловості.

1.5.2 Автоматичний маніпулятор-укладальник для складування готової продукції

Автоматичний маніпулятор-укладальник є сучасним багатофункціональним пристроєм, призначеним для повної автоматизації процесу складування і палетизації різноманітної продукції - мішків, ящиків, каністр, будівельних матеріалів, сільськогосподарської продукції, тари та інших виробів (рис.1.4) [12]. Основним завданням обладнання є формування рівномірних пакетів або палет з продукції, що надходить із транспортера, та її подальше переміщення до складської зони або пакувального відділення.

Маніпулятор забезпечує високий ступінь автоматизації, оскільки виконує не лише укладання виробів на піддони, а й їх орієнтацію, транспортування та розподіл за заданою схемою. Завдяки програмованій системі керування можливе налаштування послідовності дій, зміна схеми укладання залежно від розмірів і типу продукції, а також синхронізація з іншими елементами виробничої лінії - дозаторами, пресами, пакувальними або фасувальними автоматами.



Рисунок 1.4 - Автоматичний маніпулятор-укладальник для складування готової продукції

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Конструкція та принцип дії.

Маніпулятор має три ступені свободи (осі X, Y, Z), що дозволяє виконувати лінійні переміщення у горизонтальному та вертикальному напрямках. Приводи виконані на базі крокових двигунів (опційно - серводвигунів), що забезпечують високу точність позиціонування. Керування здійснюється через контролер ЧПК (числове програмне керування), який координує рух усіх осей відповідно до заданої програми укладання.

Основним робочим органом маніпулятора є захватний пристрій, який залежно від типу продукції може бути:

- пневматичним - із регульованою силою притиску, призначений для роботи з мішками, коробками, ящиками;
- вакуумним - із присосками для переміщення тари, каністр, полімерних упаковок або легких пакетів.

Завдяки поворотному механізму захвату маніпулятор може змінювати орієнтацію предметів під час укладання, що дозволяє реалізовувати будь-які схеми складування - паралельну, шахову або зміщену.

Процес роботи відбувається таким чином: продукція подається конвеєром у зону захвату, де датчики положення фіксують її координати. Маніпулятор опускає захват, піднімає виріб і переміщує його до заданої позиції на піддоні. Після розміщення елемента захват звільняє деталь і повертається у вихідне положення для наступного циклу. Вся система працює циклічно з мінімальними паузами, що забезпечує високу продуктивність - до 6 шарів за хвилину.

Технічні характеристики автоматичного маніпулятора-укладальника для складування готової продукції наведено в табл.1.2.

Конструктивні особливості:

Каркас маніпулятора виготовлено із сталевих профілів підвищеної жорсткості, усі напрямні елементи - загартовані й відшліфовані з точністю до 0,03 мм, що забезпечує стабільну роботу протягом тривалого часу. Всі вузли обробляються

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

на високоточних верстатах з ЧПК, а основні елементи (корпусні деталі, кронштейни, напрямні, осі) проходять термообробку та фрезерування у власному інструментальному цеху.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики автоматичного маніпулятора-укладальника для складування готової продукції

№	Параметр	Значення
1	Максимальна маса мішка	до 50 кг
2	Максимальна маса тари або каністри	до 25 кг
3	Тип приводу	крокові двигуни (опція - серводвигуни)
4	Тип захвату	пневматичний або вакуумний
5	Система керування	контролер ЧПК
6	Продуктивність	робота одночасно з двома транспортерами

Управління роботою здійснюється оператором через панель із сенсорним дисплеєм. Можливе збереження кількох програм укладання, що дозволяє швидко переналаштовувати маніпулятор під різні типи продукції. Інтеграція в автоматизовані комплекси дає змогу створювати повністю безлюдні ділянки пакування, де після фасування продукція автоматично укладається на піддони та переміщується на склад.

Переваги автоматичного маніпулятора-укладальника:

- висока точність та продуктивність завдяки застосуванню крокових або сервоприводів і системи координатного управління;
- повна автоматизація процесу укладання з можливістю програмування схем палетизації;
- гнучкість роботи - регулювання сили притиску, поворот захвату, можливість зміни розмірів укладальної зони;
- інтеграція з іншими пристроями - дозаторами, пресами, транспортерами, пакувальними лініями;

Процес пакування відбувається у кілька етапів (рис. 1.4):

- подавання рулону плівки. Плівка розмотується з рулону, проходячи через систему напрямних роликів;
- формування пакета. Плівка зварюється імпульсним зварювачем для створення дна пакета, після чого відрізається потрібна довжина;
- позиціонування контейнера. Пластиковий ящик або картонна коробка автоматично подається під формувальний вузол;
- вкладення пакета. Спеціальний механічний плунжер (штовхач) вставляє сформований поліетиленовий пакет у контейнер, розправляючи його стінки по внутрішньому периметру;
- фіксація пакета в контейнері. Завдяки розрахованій довжині плівки краї пакета виступають назовні, що полегшує подальше заповнення та герметизацію;
- подача контейнера на конвеєр. Запакований контейнер відводиться транспортером для подальшого заповнення продуктом або зварювання верхньої частини пакета.



Рисунок 1.5 - Автоматична система укладання пакетів
Pattyn RAZIM-P

Конструкція і функціональні вузли.

Система RAZIM-P змонтована на жорсткій сталевій рамі, що забезпечує стабільність роботи при високих швидкостях. Основні вузли включають:

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

- гнучкість налаштувань - можливість роботи з різними типами контейнерів і плівок;
- висока якість запаювання завдяки технології імпульсного зварювання, яка гарантує герметичність швів;
- інтеграція у виробничі лінії - система легко з'єднується з фасувальними, зважувальними або палетизаційними установками;
- надійність конструкції - деталі виготовлені з високоякісної сталі, а механізми оброблені з точністю до $\pm 0,03$ мм, що забезпечує стабільну роботу при тривалих навантаженнях.

Система Pattyn RAZIM-P є прикладом сучасного автоматизованого укладальника нового покоління, у якому поєднано функції виготовлення, відрізання, вставлення та фіксації пакета у тарі. Така технологія істотно зменшує витрати на допоміжні операції, підвищує рівень гігієнічності та надійності пакування.

Для галузей, що постачають сировину у легку промисловість (полімерну, барвникову, хімічну), подібна система може бути адаптована для автоматичного укладання пакетів із сипкими або гранульованими матеріалами у гофротару.

1.5.4 Автоматична машина для укладання продукції TrayMAK

Автоматична машина TrayMAK належить до класу високотехнологічного пакувального обладнання і призначена для автоматичного укладання готової продукції на дека або лотки без участі людини (рис.1.6) [14]. Це дозволяє повністю виключити контакт виробів із руками оператора, забезпечуючи гігієнічність процесу і стабільно високу якість укладання.

Машина є частиною інтегрованої системи пакування, що працює спільно з іншими модулями - FormMAK, FillMAK та TrayMAK Loader, створюючи повністю автоматизовану лінію формування, наповнення і укладання виробів у лотки.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 1.6 - Автоматична машина для укладання продукції
TrayMAK

TrayMAK застосовується у харчовій, фармацевтичній, косметичній, а також у легкій промисловості - для точного, швидкого та рівномірного розміщення фасованих виробів на деках різних розмірів. Система усуває людський фактор, підвищує точність позиціонування і забезпечує акуратний зовнішній вигляд готового продукту.

Принцип дії та функціональні особливості.

Процес роботи машини TrayMAK відбувається повністю автоматично. На вхідну зону пристрою подається готова продукція, яка за допомогою транспортерів і системи позиціонування орієнтується у заданому напрямку. Інтегрована система розпізнавання лотків визначає їх геометричні параметри (довжину, ширину, висоту) та вибирає відповідну програму укладання. Далі механізм укладання, оснащений сервоприводами і двигунами змінного струму, здійснює точне розміщення виробів на деках із заданими інтервалами.

Всі осі руху координуються електронною системою управління, що базується на ЧПК-контролері із сенсорним екраном. Панель оператора забезпечує інтуїтивно зрозуміле управління, вибір режимів, регулювання інтервалів між виробами та висоти укладання. Машина дозволяє зберігати налаштування для різних типів продукції - кожна програма має власне ім'я, що спрощує переналагодження під нову серію виробів.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У разі несправності або відхилення від норми система автоматично виводить повідомлення про помилку із зазначенням ділянки, де виникла проблема. Це забезпечує швидке усунення неполадок і мінімізує час простою.

Конструкція та матеріали.

Машина має повністю нержавіюче шасі нового покоління, яке виконано безболтовим способом - це істотно полегшує очищення і обслуговування, що особливо важливо для харчових і косметичних виробництв. Конструкція відрізняється компактністю та високою жорсткістю, що забезпечує точність і стабільність під час тривалої експлуатації.

Усі основні компоненти - двигуни, редуктори, датчики, контролери - виготовлені провідними виробниками із Німеччини, Італії та Японії, що гарантує високу надійність та довговічність системи. Для приводу переміщення продукції використовуються італійські двигуни з регульованою частотою обертання, які забезпечують плавне позиціонування і точне центрування виробів на лотку.

Технічні характеристики машини TrayMAK приведено в табл.1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики машини TrayMAK

№	Параметр	Значення
1	Потужність споживання, кВт	1
2	Напруга живлення, В	380
3	Продуктивність, кг/год	50–100
4	Вага, кг	300

1.6 Висновки до першого розділу

У результаті огляду встановлено, що процеси фасування й укладання сипких, гранульованих і полімерних матеріалів є ключовими для галузей, які забезпечують сировиною підприємства легкої промисловості. Від рівня їх автоматизації залежить збереження якості сировини, точність дозування та ефективність транспортування.

Легка промисловість споживає широкий спектр матеріалів - полімерні гранули, порошкові барвники, клеї, наповнювачі, допоміжні суміші, які надходять у герметичних пакетах і потребують механізованого укладання в тару. Сучасні лінії фасування включають дозатори, запаювальні пристрої, транспортери та укладальники, що працюють у циклічному або безперервному режимі.

Проаналізовані конструкції укладальників - механічні, пневматичні, вакуумні, роботизовані й комбіновані - свідчать про активний розвиток автоматизації. Найпоширенішими є пневматичні системи, які забезпечують плавність руху, точність і надійність. Роботизовані маніпулятори відзначаються високою продуктивністю, проте їх використання обмежене вартістю та складністю керування.

Розглянуті промислові аналоги (Sky-Wood, Hyperpress, Pattyn RAZIM-P, ТрауМАК) демонструють сучасні тенденції - застосування сервоприводів, систем ЧПК, сенсорного управління та гнучкої інтеграції з іншими ланками виробництва. Однак універсальних автоматів для укладання дрібних пакетів сировини, що постачається у легку промисловість, нині немає.

Тому актуальним завданням є розробка автомату для укладання пакетів із сировиною у тару, який поєднує простоту, компактність і високу продуктивність. Доцільно реалізувати пневмомеханічну систему з програмним керуванням, що забезпечить точне позиціонування, надійну фіксацію та можливість адаптації під різні типи матеріалів і пакувань.

2 РОЗРОБКА АВТОМАТУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ФАСОВАНОЇ СИРОВИНИ У ТАРУ

2.1 Розробка технологічної схеми укладальника пакетів із сировиною

Розроблений автоматизований укладальник фасованої сировини у тару призначений для механізованого розміщення сировини в упаковці - сипкої, порошкової, полімерної або гранульованої - у транспортну чи споживчу тару (гофрокартонні коробки, пластикові контейнери тощо) [15]. Основним завданням пристрою є забезпечення безперервного, точного та безпечного укладання упакованої сировини без деформації чи пошкодження упаковки, що особливо важливо для підприємств легкої промисловості.

На основі аналізу відомих технічних рішень (розділ 1) була розроблена технологічна схема роботи автомату, наведена на рисунку 2.1 (аркуш [МРМА25.00.00.000ДТ]).

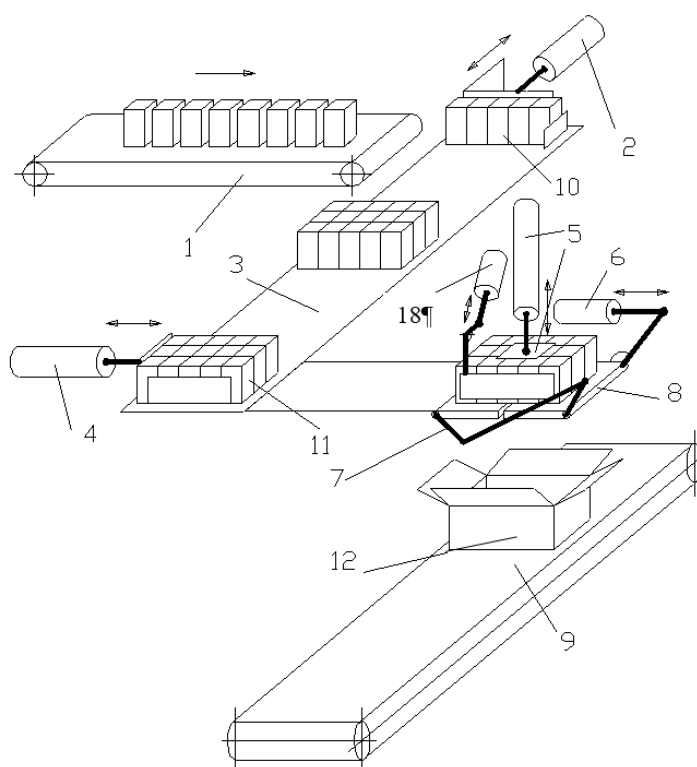


Рисунок 2.1 – Технологічна схема роботи автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару

Вона передбачає послідовну взаємодію транспортної системи подачі, механізмів формування рядів і масиву сировини в упаковці, пневматичних пристроїв подачі, фіксації та укладання, а також конвеєра відведення заповненої тари.

Пристрій складається з таких основних вузлів:

- конвеєр подачі 1 – транспортує сировину в упаковці із фасувальної лінії на накопичувальний стіл;
- пневматичний зіштовхувач ряду 2 – формує один рівний ряд упакованої сировини;
- накопичувальний стіл 3 – служить платформою для утворення рядів і масиву сировини в упаковці перед подачею до укладальника;
- пневмоциліндр подачі масиву 4 – переміщує сформований масив упакованої сировини у зону дії механізму укладання;
- пристрій для укладання 5 – включає вертикальну каретку з напрямними стійками, механізм фіксації та складний мундштук;
- рама укладальника 20 (рис.2.2) – несе всі основні вузли автомату;
- конвеєр відведення заповнених ящиків 9 – транспортує тару із фасованою сировиною у зону складування;
- пульт керування – забезпечує ручний і автоматичний режими, контроль циклів та безпеку роботи.

Механізм формування масиву побудований на двох пневмоциліндрах, розташованих під кутом 90° . Перший пневмоциліндр 2 зіштовхує сировину в упаковці у ряд, а другий 4 подає утворений масив у зону укладання. Така компоновка забезпечує точне позиціонування кожної упаковки та синхронізацію дій.

Пристрій для укладання 5 має вертикальну каретку 14, що рухається по напрямних стійках 15 за допомогою пневмоциліндра. До каретки прикріплені механізм фіксації, який складається з рухомої та двох нерухомих стінок 16, 17, що утримують упаковану сировину у вертикальному положенні. Рухома стінка приводиться в дію пневмоциліндром 18.

Машина призначена для укладання сировини в упаковці (пакетів, мішків, полімерних або комбінованих упаковок із сипкими чи гранульованими матеріалами) у картонні коробки, пластикові контейнери чи інші види транспортної тари.

Загальна конструкція укладальника складається з таких основних частин:

- несучої рами, на якій розміщено всі вузли та пневматичні елементи;
- накопичувального стола для формування рядів фасованої сировини;
- пневматичних зіштовхувачів для подачі й формування масиву упаковок;
- каретки укладання з напрямними стійками;
- механізму фіксації упаковок;
- механізму складного мундштука;
- конвеєрів подачі та відведення тари;
- системи керування та пневмоприводу.

На кресленні [МРМА25.00.00.000ВЗ] подано загальний вигляд конструкції укладальника фасованої сировини у тару [16-21].

Несуча рама.

Рама є базовим елементом конструкції, що забезпечує жорсткість, стійкість та точне взаємне положення всіх вузлів. Вона виготовлена зі сталевих профільних труб прямокутного перерізу, зварених у просторову конструкцію. Для зменшення вібрацій і шуму під час роботи нижня частина рами встановлена на амортизувальних опорах. На рамі закріплено пневмоциліндри, напрямні стійки каретки, кронштейни кріплення мундштука та пульт керування.

Накопичувальний стіл.

Цей вузол призначений для формування рівних рядів із сировини в упаковці, що надходить із конвеєра подачі. Поверхня стола має антифрикційне покриття, яке забезпечує плавне переміщення упаковок. Вздовж стола розміщено боківі напрямні для утримання рядка в заданому положенні. Після накопичення потрібної кількості упаковок пневматичний зіштовхувач переміщує їх далі — у зону формування масиву.

Пневматичні зіштовхувачі.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Механізм формування масиву сировини складається з двох пневмоциліндрів, розташованих перпендикулярно. Один пневмоциліндр забезпечує подачу рядка упаковок уздовж накопичувального стола, а другий — пересування сформованого масиву у зону укладання. Така схема гарантує точне та синхронне позиціонування кожної упаковки. Пневмоциліндри мають амортизовані ходи й обладнані датчиками кінцевих положень, що дозволяє системі керування відстежувати їхню роботу в реальному часі.

Каретка укладання.

Цей вузол є виконавчим механізмом, який здійснює вертикальний рух для укладання упакованої сировини в тару. Каретка переміщується вздовж двох напрямних стійок за допомогою пневмоциліндра подвійної дії. Для стабільності руху застосовано роликові направляючі пари, що зменшують тертя та забезпечують плавність опускання. У верхній частині каретки розміщено механізм фіксації, а в нижній - кронштейн для кріплення складного мундштука.

Механізм фіксації упаковок.

Призначений для утримання масиву сировини в упаковці під час опускання в тару. Механізм складається з двох нерухомих і однієї рухомої стінки. Рухома стінка приводиться в дію пневмоциліндром, який створює необхідне зусилля притискання. Така конструкція запобігає деформації упаковки та забезпечує стабільне положення виробів під час переміщення.

Механізм складного мундштука.

Мундштук виконує функцію направлення упакованої сировини у тару та захисту упаковок від зминання. Він складається з двох горизонтальних пластин, які відкриваються синхронно завдяки кривошипно-шатунному механізму, з'єднаному з пневмоциліндром. Під час опускання каретки стулки мундштука відхиляються, розсуваючи клапани коробки, після чого масив сировини плавно опускається всередину тари.

Конвеєри подачі та відведення тари.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Для транспортування упаковок і готових ящиків використовується два стрічкові конвеєри. Перший - подає порції сировини в упаковці на накопичувальний стіл, другий - відводить заповнені коробки в зону подальшого пакування або складування. Приводи конвеєрів синхронізовані із системою керування укладальника.

Пульт керування та система автоматизації.

Пульт забезпечує керування в ручному та автоматичному режимах. У автоматичному режимі всі дії пневмоциліндрів і конвеєрів виконуються за заданою програмою контролера. Оператор може регулювати швидкість руху, кількість упаковок у ряді, глибину укладання й тривалість циклу. Передбачені елементи індикації стану вузлів, аварійна зупинка та система блокувань.

Принципова компоновка укладальника.

Всі вузли розташовані на спільній рамі таким чином, щоб забезпечити оптимальний потік сировини в упаковці від зони подачі до відведення заповненої тари. Конструкція укладальника виконана за модульним принципом, що полегшує його технічне обслуговування та дає змогу швидко змінювати конфігурацію для різних типів тари й матеріалів.

Технічні переваги конструкції:

- висока надійність і довговічність завдяки застосуванню пневматичних приводів із низьким рівнем зносу;
- точне позиціонування і плавність руху завдяки направляючим каретки та амортизації пневмоциліндрів;
- можливість регулювання габаритів масиву та глибини укладання залежно від розміру тари;
- універсальність - здатність працювати з різними типами фасованої сировини;
- безпечність та ергономічність - огороження рухомих елементів, зручне розташування пульта керування, легкий доступ для обслуговування.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Розроблена конструкція укладальника забезпечує точне, рівномірне й безпечне укладання фасованої сировини у тару. Вона може бути інтегрована у сучасні фасувально-пакувальні лінії підприємств легкої промисловості, забезпечуючи стабільність технологічного процесу та підвищення рівня автоматизації виробництва.

2.3 Принцип роботи укладальника фасованої сировини у тару

Цикл роботи автомату відбувається послідовно. Сировина в упаковці подається по конвеєру 1 на накопичувальний стіл 3 (рис.2.1, 2.2). Після утворення одного ряду пневмоциліндр 2 переміщує його в зону формування масиву. Коли накопичуються три ряди упакованої сировини, пневмоциліндр 4 подає масив у зону укладання.

Після цього активується пневмоциліндр 18, який фіксує масив між рухомими і нерухомими стінками. Пневмоциліндр 6 відкриває стулки мундштука, що розсовують клапани коробки. Потім пневмоциліндр підйому 19 опускає каретку 14, яка розміщує сировину в упаковці у тарі. У нижньому положенні фіксація знімається, і упаковки під власною вагою акуратно лягають у коробку. Після цього каретка піднімається у вихідне положення, а заповнена тара переміщується конвеєром 9 у зону відведення.

Запропонована технологічна схема поєднує переваги пневматичного приводу та точної механіки, що забезпечує плавну подачу, точне укладання й стабільну роботу в автоматичному режимі. Завдяки універсальній конструкції укладальник може працювати з різними видами сировини в упаковці - полімерною, порошковою, барвниковою або гранульованою. Його можна інтегрувати у фасувально-пакувальні лінії підприємств легкої промисловості, де потрібна автоматизація заключного етапу пакування сировини у транспортну тару.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розробка системи автоматизації укладальника фасованої сировини у тару

2.4.1 Характеристика об'єкта автоматизації [22-24]

Об'єктом автоматизації є технологічний процес укладання сировини в упаковці у транспортну тару, що реалізується сукупністю вузлів: конвеєр подачі, накопичувальний стіл, пневмоциліндри формування ряду та подачі масиву, каретка укладання з механізмом фіксації, складний мундштук, конвеєр відведення тари. Процес має циклічний характер і потребує підтримання узгоджених положень виконавчих органів та параметрів пневмосистеми. До керованих і контрольованих величин належать: тиск стисненого повітря у магістралі та камерах пневмоциліндрів; станові сигнали кінцевих вимикачів/енкодерів по осях каретки; стан електроприводів конвеєрів; сигнали присутності/рахунку одиниць сировини в упаковці; стан аварійних і охоронних блокувань (огороження, дверні кінцевики, кнопка аварійної зупинки). Система автоматичного керування (САК/PLC) забезпечує приймання, обробку та видачу команд на пневморозподілювачі і пускачі електроприводів згідно алгоритму циклу.

2.4.2 Обґрунтування необхідності автоматизації процесу

Сучасні лінії фасування потребують стабільної якості, повторюваності та продуктивності укладання при мінімальній участі персоналу. Автоматизація усуває ручні операції, зменшує розсипи та деформації упаковок, забезпечує точний таймінг операцій (формування ряду/масиву, фіксація, розкриття мундштука, опускання в тару), скорочує простої та енерговитрати завдяки оптимізованим профілям руху. Додатково покращуються санітарно-гігієнічні умови роботи (мінімізація контакту з порошковими/барвниковими матеріалами), підвищується безпека

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

(автоблокування, діагностика) та створюються передумови інтеграції з фасувальними, зважувальними й маркувальними модулями.

2.4.3 Вимоги до системи автоматизації та критерії керування

Система керування має підтримувати технологічні параметри у допустимих межах і забезпечувати:

- точне позиціонування вузлів та повторюваність циклу (критерії: час циклу, кількість одиниць у ряду/масиві, відсоток браку < 0,5%);
- герметичність і цілісність упаковок (критерій: відсутність змінання при проході мундштука);
- енергетичну ефективність (критерій: оптимізація роботи компресора, відключення холостих контурів);
- функціональну безпеку: E-Stop категорії PL d/SIL2, міжзамикання дверей, контроль тиску/живлення, «anti-tie-down» для ручного режиму;
- гнучкість: зміна рецептів (розмір ряду, кількість рядів у масиві, глибина опускання), адаптивні затримки;
- повну подієву реєстрацію та індикацію станів/помилки.

Алгоритми: автоматичний цикл (рецептурний), напівавтомат (цикли поодинці), наладка (джогінг окремих осей/циліндрів) і сервіс (тести входів/виходів).

2.4.4 Вибір і розміщення засобів автоматизації

Система побудована на PLC з дискретними/аналоговими модулями та панеллю оператора (HMI). Датчики: індуктивні/оптичні для детекції сировини в упаковці на столі, кінцевики положення каретки/створок мундштука, датчики тиску у пневмомагістралі, енкодер (за потреби) для контролю ходу каретки. Виконавчі елементи: електромагнітні пневморозподілювачі (клас 24 V DC), пускачі/ча-

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

стотні перетворювачі конвеєрів, дроселі тонкого налаштування швидкості циліндрів. Засоби керування та захисту розміщуються у закритому щиті на ділянці укладання (ступінь захисту не нижче IP54), силова частина (живлення 3×400 В) відокремлена від низьковольтної (24 В DC). Пульти оператора з НМІ встановлюються на окремій консолі з оглядом робочої зони; прокладка пневмоліній - у лотках з фільтром-вологівідділювачем та регулятором тиску поблизу споживачів.

2.4.5 Розробка системи автоматизації укладальника

2.4.5.1 Опис апаратурно-технологічної схеми об'єкту автоматизації

Технологічний процес укладання сировини в упаковці у транспортну тару (гофрокартонні коробки або пластикові ящики) є комплексом послідовних механізованих операцій, що виконуються в автоматичному циклі. Він передбачає автоматичне транспортування, орієнтування, групування та точне розміщення упакованої сировини у тарі, забезпечуючи стабільну якість, високу продуктивність і мінімальні втрати матеріалу.

Процес базується на виконанні таких основних операцій:

- подача сировини в упаковці із фасувального автомата до накопичувального стола;
- формування ряду упаковок та їх позиціонування на робочій площині;
- зіштовхування сформованого ряду в зону складання масиву;
- послідовне формування масиву з декількох рядів упакованої сировини;
- переміщення сформованого масиву в зону укладання;
- фіксація масиву в механізмі укладання;
- опускання сировини в упаковці у тару через складний мундштук;
- відведення заповненої тари з робочої зони на конвеєр складування.

Усі ці операції виконуються за допомогою взаємодії основних вузлів автоматизованого укладальника, до яких належать:

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- конвеєр подачі фасованої сировини;
- накопичувальний стіл для формування ряду;
- пневматичний зіштовхувач ряду;
- пневмоциліндр подачі масиву;
- механізм укладання з фіксатором і кареткою;
- складний мундштук для напрямлення упаковок у тару;
- конвеєр відведення заповнених коробок.

Технологічна послідовність роботи укладальника наведена на кресленні [МРМА.25.00.00.000С1] і полягає у наступному. Фасована сировина в упаковці I безперервно подається стрічковим конвеєром II до накопичувального стола III, де за допомогою бокових напрямних формується рівний ряд. Після накопичення необхідної кількості упаковок пневмоциліндр IV зіштовхує ряд у зону формування масиву. Процес повторюється доти, доки не буде створено повний масив виробів V (наприклад, три ряди по п'ять упаковок).

Сформований масив подається у зону дії укладальника за допомогою пневмоциліндра VI. У цей момент спрацьовує механізм фіксації: рухома стінка, що приводиться пневмоциліндром VII, замикає масив між двома нерухомими напрямними, утримуючи його в заданому положенні. Далі пневмоциліндр VIII приводу мундштука відкриває стулки IX, розсуваючи клапани коробки, після чого каретка з пневмоциліндром X вертикального переміщення опускає масив упакованої сировини у тару.

У нижній точці каретка фіксується на короткий час для забезпечення точного розташування масиву, після чого знімається тиск із пневмоциліндра VII фіксації, і упаковки під дією власної ваги рівномірно розміщуються у коробці. Потім каретка повертається у верхнє положення, створки IX мундштука зачиняються, і система готова до наступного циклу. Заповнена тара автоматично переміщується стрічковим конвеєром XII у зону складування або подальшого пакування.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи роботу вузлів укладальника, можна визначити основні параметри, що підлягають контролю та регулюванню:

- тиск стисненого повітря в пневмосистемі (пневмомагістраль, циліндри, блоки підготовки повітря);
- стан пневморозподільвачів, клапанів та виконавчих механізмів;
- позиційні сигнали від кінцевих вимикачів каретки, мундштука та зіштовхувачів;
- стан і напрямок руху електроприводів конвеєрів;
- кількість заповнених коробок (облік продукції);
- сигнали аварійних станів (зниження тиску, відсутність тари, перевантаження двигуна).

Управління технологічним процесом здійснюється з пункту керування, де встановлений щит керування із вмонтованими приладами, контролером та пультом оператора. Оператор має змогу виконувати запуск, зупинку та перемикання режимів – автоматичний, напіваавтоматичний або ручний.

У автоматичному режимі робота укладальника координується програмно-логічною системою, яка задає послідовність і тривалість спрацьовування пневмоциліндрів, конвеєрів і фіксаторів. Логіка керування забезпечує синхронізацію всіх виконавчих елементів, блокування взаємних рухів (наприклад, заборону опускання каретки без відкриття створок мундштука) і контроль завершення кожної операції.

У ручному режимі оператор може здійснювати поетапне керування окремими механізмами для проведення наладки, технічного обслуговування або аварійної зупинки. При цьому всі сигнали безпеки залишаються активними.

Засоби автоматизації вибрано з урахуванням локальності об'єкта, високої частоти спрацьовувань, малої інерційності пневмосистеми та вимог до надійності й швидкодії. Використовуються електропневматичні розподільвачі, датчики положення, контролер із дискретними входами/виходами, блок підготовки повітря, пускачі електродвигунів та пристрої індикації.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Обрана система автоматизації є електропневматичною з програмно-логічним керуванням (PLC), що забезпечує стабільність процесу, точність відпрацювання алгоритму та можливість гнучкого налаштування під різні режими роботи. Перевагами цієї системи є мала інерційність, швидка реакція на керуючі сигнали, простота підключення, модульність, можливість дистанційної діагностики та інтеграції з комп'ютерними системами обліку.

Завдяки впровадженню розробленої системи автоматизації забезпечується:

- підвищення точності та повторюваності операцій укладання;
- зменшення втрат сировини й часу циклу;
- покращення умов праці персоналу;
- мінімізація людського фактора;
- підвищення загальної надійності виробничого процесу.

Таким чином, технологічний процес укладання фасованої сировини у тару є повністю автоматизованим циклом, у якому всі механічні, пневматичні та електронні системи працюють у взаємозв'язку, забезпечуючи безперервність, точність і високу ефективність виробництва.

2.4.5.2 Розробка структурної схеми системи автоматизації

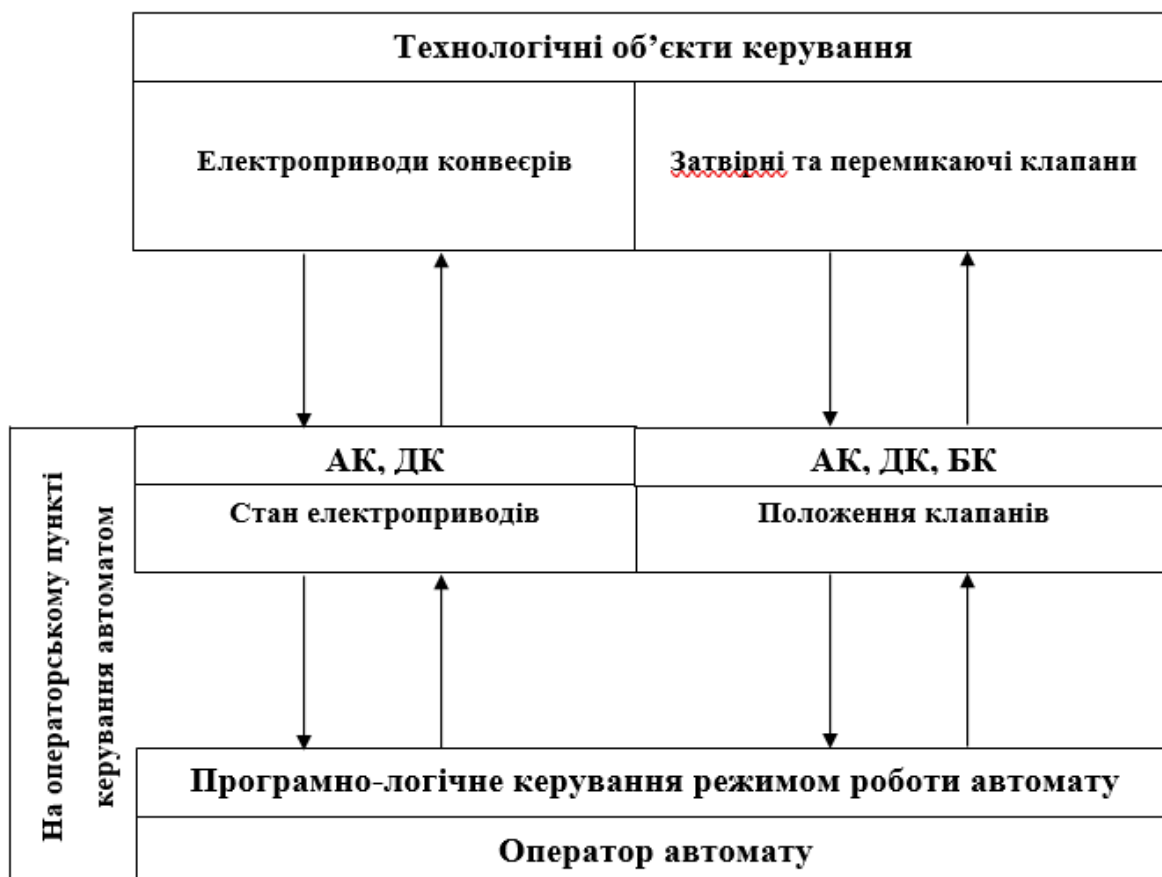
Відповідно до структурної схеми (рис. 2.3), система автоматизації процесу укладання фасованої сировини у тару побудована за ієрархічним принципом та включає три основні рівні:

- рівень технологічних об'єктів керування,
- рівень автоматичного контролю й керування (АК, ДК, БК),
- рівень операторського управління (програмно-логічна система і оператор автомата).

На першому рівні розміщені технологічні об'єкти керування — виконавчі механізми, що безпосередньо здійснюють фізичні дії у процесі укладання. До них належать:

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- електроприводи конвеєрів, які забезпечують подачу фасованої сировини на накопичувальний стіл і відведення заповнених коробок;
- засувки та перемикаючі клапани пневмосистеми, що регулюють подачу стисненого повітря до пневмоциліндрів формування ряду, подачі масиву, фіксації та опускання каретки.



АК – автоматичний контроль; ДК – дистанційне керування;

БК – блокуюче керування.

Рисунок 2.3 – Структурна схема системи автоматизації:

Усі ці елементи є виконавчими пристроями, керованими від сигналів системи автоматизації.

Другий рівень складається з систем АК (автоматичний контроль), ДК (дистанційне керування) та БК (блокуюче керування).

Вони здійснюють зворотній зв'язок між виконавчими механізмами та контролером, передаючи інформацію про:

- стан електроприводів конвеєрів (робота/зупинка, напрямок обертання, аварійне перевантаження);
- положення клапанів і пневмоциліндрів (висунуто/втягнуто, відкрито/закрито);
- стан датчиків безпеки (двері, огороження, кнопки аварійної зупинки).

Система автоматичного контролю (АК) реєструє фактичні параметри — тиск у пневмомагістралі, положення рухомих вузлів, наявність тари чи упаковок.

Система дистанційного керування (ДК) забезпечує передавання керуючих сигналів на виконавчі пристрої у реальному часі, відповідно до команд контролера.

Система блокуючого керування (БК) виконує захисні функції — запобігає одночасному спрацьовуванню несумісних механізмів (наприклад, забороняє рух каретки при закритих створках мундштука або при відсутності тари на платформі).

Третій рівень представлений операторським пунктом, у якому розташований щит керування з елементами індикації, програмно-логічного контролера (PLC) та панелі оператора (HMI).

Програмно-логічне керування забезпечує:

- формування послідовності сигналів відповідно до алгоритму роботи автомату;
- контроль стану всіх датчиків і виконавчих механізмів;
- переключення між автоматичним, напівавтоматичним і ручним режимами;
- реєстрацію аварій, індикацію станів, діагностику несправностей;
- виконання функцій блокування, міжзамикань і аварійного вимкнення.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Оператор має змогу дистанційно спостерігати за процесом, змінювати параметри роботи, запускати або зупиняти окремі цикли. Усі дії оператора відображаються на сенсорній панелі керування у вигляді графічного інтерфейсу.

Таким чином, структурна схема системи автоматизації (рис. 2.3) відображає повну взаємодію між елементами керування, контролю та виконання.

Сигнали від датчиків і виконавчих механізмів надходять до контролера, де обробляються за заданою програмою, після чого сформовані керуючі команди передаються до об'єктів технологічного процесу. Завдяки зворотному зв'язку система забезпечує автоматичне регулювання, точність позиціонування, а також безпечне виконання всіх операцій укладання фасованої сировини у тару.

2.5 Монтаж, налагодження та експлуатація автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару

2.5.1 Загальні положення

До експлуатації автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару допускаються особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки, ознайомлені з правилами експлуатації пневматичного та електричного обладнання, а також пройшли стажування на робочому місці.

Укладальник може працювати у двох режимах – ручному (налагоджувальному) і автоматичному (робочому).

Робота пристрою допускається в закритих приміщеннях при температурі навколишнього середовища від +15 до +40 °С та відносній вологості повітря до 40%. Установка монтується без фундаменту, безпосередньо на рівну бетонну або металеву площадку, що забезпечує горизонтальність конструкції та стійкість під час роботи.

Для забезпечення стабільної роботи укладальника необхідно дотримуватись таких вимог:

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- використовувати тару (гофрокартонні або пластикові коробки) відповідно до встановлених розмірів і міцності;
- повітря, що подається до пневмосистеми, повинно бути очищеним від вологи, масел, кислот та механічних домішок і відповідати 12 класу чистоти за ГОСТ 17433-80;
- електроживлення має відповідати параметрам $3 \times 380 \text{ В} \pm 10\%$, 50 Гц;
- обслуговування пристрою дозволено лише персоналу, який має відповідну технічну підготовку.

2.5.2. Робота в ручному режимі

Робота у ручному режимі здійснюється під час налагодження системи, перевірки пневмо- і електроприводів, при виході з аварійних ситуацій або при потребі поетапного тестування вузлів.

Порядок дій оператора:

- підключити пульт керування до мережі живлення 220 В, а електродвигуни конвеєрів – до трифазної мережі 380 В;
- на передній панелі пульта перевести вимикач напруги у вертикальне положення - засвітиться червона сигнальна лампа;
- перемикач режиму «Автомат–Ручний» встановити в положення «Ручний»;
- кожен тумблер пульта має маркування, що відповідає певному виконавчому механізму (пнеumoциліндру, конвеєру, клапану). При активації команди вмикається відповідний індикатор;
- командні тумблери, що керують пневморозподільвачами, повинні знаходитися у середньому положенні при зупинці системи, що відповідає скиданню тиску в пневмоциліндрах;
- під час підйому або опускання каретки необхідно уникати різких рухів, щоб запобігти динамічним ударам;

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

- тумблери, не задіяні у конкретному режимі, мають залишатись у нейтральному положенні.

2.5.3 Аварійні ситуації при роботі у ручному режимі

У разі, якщо після ввімкнення тумблера не виконується команда, необхідно звернутися до фахівця з електроніки - причиною може бути розрив у електричному колі або несправність контакторів.

Якщо під час руху відбуваються удари між рухомими та нерухомими частинами, роботу необхідно зупинити й усунути несправність для уникнення пошкодження вузлів.

У разі несинхронної роботи привідних пластин складного мундштука та бічних притискачів, необхідно відрегулювати швидкість спрацювання за допомогою пневмодроселів, досягнувши одночасного відкриття/закриття.

2.5.4 Робота в автоматичному режимі

Перед запуском у автоматичному режимі потрібно:

- перевести всі тумблери ручного керування в нейтральне положення;
- встановити перемикач «Автомат–Ручний» у положення «Автомат», при цьому засвітиться індикаторна лампа «А»;
- натиснути чорну кнопку «Пуск», після чого укладальник переходить у автоматичний режим, виконуючи послідовність операцій згідно із заданим алгоритмом у контролері;
- для зупинки роботи натиснути червону кнопку «Стоп»;
- повторний запуск після усунення зупинки здійснюється натисканням кнопки «Пуск», при цьому програма відпрацьовується з першої команди циклу.

2.5.5 Аварійні ситуації при роботі в автоматичному режимі

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У разі аварійної ситуації необхідно негайно зупинити роботу автомата натисканням червоної кнопки.

Основні типові ситуації:

- якщо автомат зупиняється під час циклу - можлива несправність датчика положення або пневморозподільвача;

- якщо пристрій пошкоджує або деформує упаковку, слід натиснути кнопку аварійної зупинки, виконати відбракування і відрегулювати силу притискання або положення бічних прижимів;

- якщо спостерігається заїдання механізму складного мундштука, необхідно послабити вертикальні пружини або відрегулювати хід пластин;

- при виникненні будь-якої іншої несправності — натиснути кнопку «Стоп», усунути несправність і відновити роботу кнопкою «Пуск» з першої команди алгоритму.

2.5.6 Підготовка до монтажу

Перед монтажем автоматизованого укладальника необхідно перевірити відповідність параметрів приміщення та підвідних комунікацій технічним вимогам.

Площадка встановлення повинна відповідати розмірам.

Підготовка комунікацій:

- підведення трифазної електромережі з напругою 380 В, 50 Гц;

- підключення до цехового заземлення;

- підведення пневмомагістралі з умовним проходом труби не менше 20 мм та надлишковим тиском 0,6...0,8 МПа.

Монтаж укладальника проводиться у зібраному стані на горизонтальну основу, після чого здійснюється підключення електро- і пневмоліній, регулювання пневморозподільвачів і калібрування датчиків.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Після завершення монтажу виконується налагодження системи автоматизації, перевірка роботи пневмоциліндрів, клапанів, конвеєрів, системи індикації та контролера відповідно до заданої послідовності алгоритму.

Таким чином, дотримання технологічних вимог монтажу, регламентів експлуатації та правил техніки безпеки забезпечує довговічність, стабільну роботу і надійність автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару.

2.6 Висновки до другого розділу

У другому розділі розроблено конструкцію та систему автоматизації автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару для підприємств легкої промисловості. Визначено технологічну схему процесу укладання, що включає послідовні операції подачі, групування, фіксації та розміщення сировини в упаковці у тару.

Запропонована конструкція укладальника складається з конвеєрів, пневмоциліндрів формування масиву, каретки з механізмом фіксації та складного мундштука. Така компоновка забезпечує рівномірне укладання, точність позиціонування та надійну роботу в автоматичному режимі.

Розроблена система автоматизації на базі програмно-логічного керування (PLC) забезпечує контроль технологічних параметрів, синхронізацію дій виконавчих механізмів і безпечну роботу оператора. Структурна та функціональна схеми дозволяють реалізувати автоматичний, напівавтоматичний і ручний режими.

Описано порядок монтажу, налагодження та експлуатації пристрою, що визначає умови встановлення, підключення комунікацій і дії оператора під час роботи.

У результаті розроблено технічно обґрунтовану конструкцію автоматизованого укладальника, що забезпечує точність, надійність і ефективність процесу пакування фасованої сировини у тару.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ АВТОМАТУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ФАСОВАНОЇ СИРОВИНИ У ТАРУ

У системах автоматичного керування технологічними процесами значне поширення отримали пневматичні виконавчі механізми, у яких переміщення робочого органа здійснюється за рахунок зусилля, створеного тиском стисненого повітря на поршень пневмоциліндра. Такі приводи відзначаються простотою конструкції, високою надійністю, плавністю руху та зручністю регулювання зусилля і швидкості. У конструкції автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару пневмоприводи виконують основні функції подачі, зіштовхування, фіксації та вертикального переміщення сировини в упаковці.

3.1 Розрахунок пневмоприводу механізму формування масиву фасованої сировини

3.1.1 Визначаємо сили, що діють на шток пневмопривода

Розрахункова схема механізму формування масиву фасованої сировини представлена на рисунку 3.1.

Під час роботи пневмоциліндр здійснює зусилля, необхідне для подолання опору тертя ковзання ряду упаковок по поверхні накопичувального стола, а також додаткових опорів у напрямних і сил інерції рухомих елементів.

Сумарне зусилля, що діє на шток пневмоциліндра, визначається залежністю:

$$F = F_{\text{ТР}} + F_{\text{РС}}, \quad (3.1)$$

де $F_{\text{ТР}}$ - сила тертя ковзання ряду упаковок по поверхні накопичувального стола, Н;

$F_{\text{РС}}$ – сила опору у напрямних та інерційні сили, що зменшують ефективне

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

зусилля пневмоциліндра.

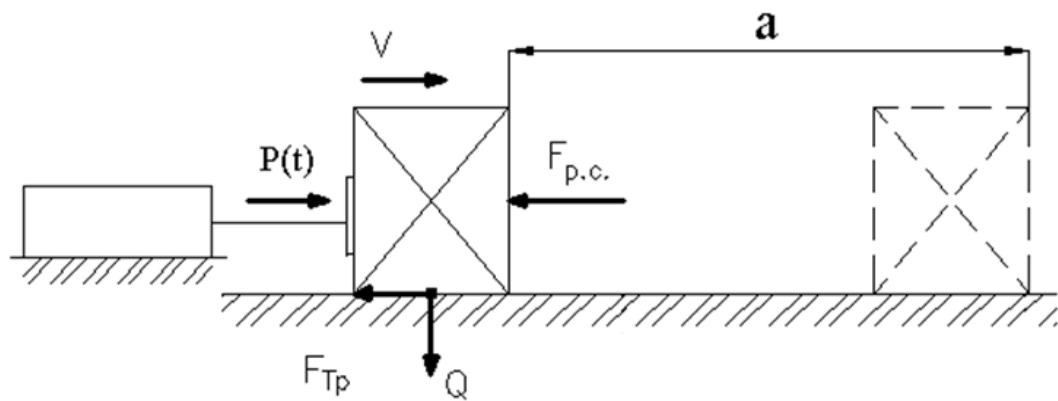


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема дії сил на шток пневмоприводу механізму формування масиву

Силу тертя ковзання визначаємо за формулою:

$$F_{\text{Тр}} = f \times Q = 0,22 \times 49,05 = 10,791 \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання між упаковкою з картону та сталеву поверхнею накопичувального стола;

Q – , вага ряду упаковок, Н.

Для матеріальної пари картон–сталь згідно довідкових даних приймаємо середнє значення коефіцієнта тертя $f=0,30$.

Вага ряду упаковок визначається як:

$$Q = mg = 5 \times 1 \times 9,81 = 49,05 \text{ Н}, \quad (3.3)$$

де $m = 1 \text{ кг}$ – маса однієї упаковки фасованої сировини;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

5 - кількість упаковок у ряді.

Підставивши отримані значення у (3.2), отримаємо:

$$F_{TP}=0,30 \times 49,05=14,715 \text{ Н.}$$

Сила опору в напрямних і втрати зусилля пневмоциліндра, пов'язані з інерцією рухомих частин, за експериментальними даними становлять 40...60 Н. Для розрахунків приймаємо середнє значення:

$$F_{PC}=50 \text{ Н.}$$

Отже, сумарне зусилля, яке має розвивати пневмоциліндр для формування масиву фасованої сировини, становить:

$$F=14,715+50=64,715 \text{ Н.}$$

Результат розрахунку.

Пневмоциліндр механізму формування масиву повинен забезпечувати мінімальне робоче зусилля $F = 64,72 \text{ Н}$, що гарантує подолання тертя ковзання ряду упаковок з картону по сталевій поверхні накопичувального стола та компенсує механічні опори системи.

3.1.2 Визначаємо зусилля пневмоциліндра

Попередньо для механізму формування масиву виробів приймаємо пневмоциліндр з діаметром поршня:

$$d=40 \text{ мм.}$$

Тоді розрахункове зусилля пневмоциліндра визначимо за залежністю:

$$F_d=(P_1-P_2) \cdot A, \quad (3.4)$$

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де A – площа поршня, м^2 ;

P_1 – тиск у нагнітальній порожнині пневмоциліндра;

P_2 – тиск у вихлопній порожнині пневмоциліндра.

Площа поршня:

$$A = \pi R^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,56 \text{ см}^2, \quad (3.5)$$

де $R = 2 \text{ см}$ – радіус поршня.

У системі SI:

$$A = 12,56 \text{ см}^2 = 12,56 \cdot 10^{-4} = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Приймаємо тиски:

$$P_1 = 2 \text{ атм}, P_2 = 1 \text{ атм},$$

тобто різниця тисків становить:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 1 \text{ атм} \approx 0,1 \text{ МПа} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Тоді зусилля пневмоциліндра:

$$F_d = \Delta P \cdot A = 1 \cdot 10^5 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3} = 125,6 \text{ Н}.$$

Порівнюємо отримане зусилля з розрахованим у п.3.1.1 значенням сумарного опору:

$$F = 64,715 \text{ Н}.$$

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Маємо:

$$F_d=125,6 \text{ Н} > F=64,715 \text{ Н}.$$

Отже, прийнятий діаметр поршня $d = 40$ мм забезпечує необхідний запас зусилля для надійної роботи механізму формування масиву фасованої сировини.

Для реалізації даного зусилля приймаємо пневмоциліндр фірми «FESTO PNEUMATIC» марки DNGU-40-320 (DIN ISO 64-31) [25] з діаметром поршня $d=40$ мм та ходом штока $L=320$ мм.

Необхідна швидкість переміщення ряду упаковок визначається за формулою:

$$v = S_{px} / \tau_{px}, \quad (3.6)$$

де $\tau_{px}=1$ с – час переміщення ряду фасованої сировини згідно циклограми роботи машини;

$S_{px}=0,32$ м – довжина ходу зіштовхування ряду.

Тоді:

$$v=0,32/1=0,32 \text{ м/с}.$$

За каталогом для вибраного пневмоциліндра максимальна швидкість переміщення вантажу становить:

$$v_{\max}=1,9 \text{ м/с}.$$

Для забезпечення необхідної робочої швидкості $v=0,32$ м/с на лінії підведення стисненого повітря до пневмоциліндра встановлюється регулювальний дросель, що обмежує витрату повітря і забезпечує плавний, безударний рух ряду фасованої сировини по поверхні накопичувального стола.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок параметрів пневмоприводу механізму переміщення масиву фасованої сировини

Розрахункова схема наведена на рис.3.2.

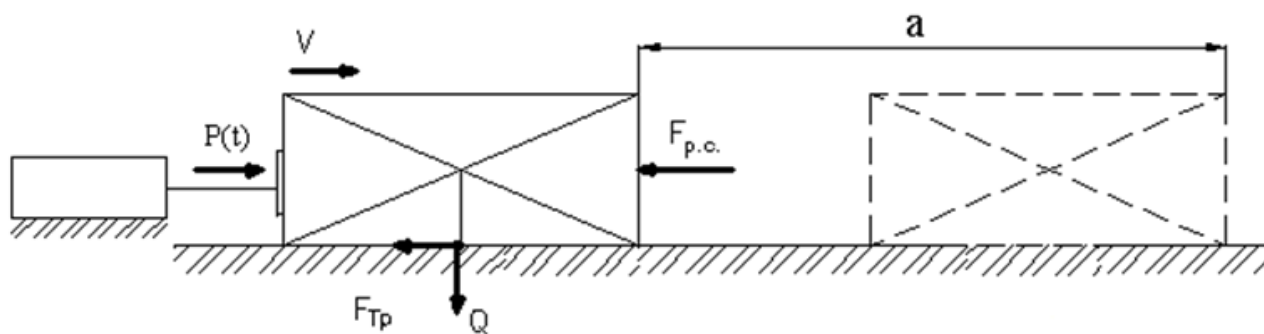


Рисунок 3.2 - Ескіз до розрахунку пневмоприводу механізму переміщення масиву фасованої сировини

3.2.1 Визначення сил, що діють на шток пневмоциліндра

Попередньо, за методикою п. 3.1.1, визначаємо сили, які діють на шток пневмоциліндра механізму переміщення масиву фасованої сировини по поверхні накопичувального стола.

Сила тертя ковзання масиву упаковок об поверхню стола визначається з формули 3.2.

Вага масиву:

$$Q = zmg = 15 \times 1 \times 9,81 = 147,15 \text{ Н}, \quad (3.9)$$

де $z=15$ шт – кількість упаковок у масиві;

$m=1$ кг – маса однієї упаковки;

Для картону по сталевій поверхні, як і в п. 3.1.1.1, приймаємо:

$$f=0,30$$

Тоді сила тертя:

$$F_{\text{ТР}}=0,30 \times 147,15=44,145 \text{ Н.}$$

Сумарна сила опору в напрямних і втрати зусилля пневмоциліндра на подолання сил інерції приймаються за експериментальними даними в межах (40...60) Н. Приймаємо середнє значення:

$$F_{\text{РС}}=50 \text{ Н.}$$

Тоді згідно із залежністю (3.1) сумарне зусилля, що діє на шток пневмоциліндра, становитиме:

$$F=F_{\text{ТР}}+F_{\text{РС}}=44,145+50=94,145 \text{ Н.}$$

Отже, для переміщення масиву фасованої сировини пневмоциліндр має розвивати зусилля не менше 94,15 Н.

3.2.2 Визначення діючого зусилля пневмоциліндра

Для механізму зіштовхування масиву упаковок попередньо приймаємо пневмоциліндр з діаметром поршня:

$$d=50 \text{ мм.}$$

Діюче зусилля пневмоциліндра визначаємо за формулою (3.4):

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$F_d = (P_1 - P_2) \cdot A, \quad (3.10)$$

де A – площа поршня;

$P_1 = 2$ атм, $P_2 = 1$ атм – тиск відповідно у нагнітальній та вихлопній порожнинах пневмоциліндра.

Площа поршня:

$$A = \pi R^2 = 3,14 \times 2,5^2 = 19,625 \text{ см}^2,$$

або в системі SI:

$$A = 19,625 \times 10^{-4} = 1,9625 \times 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Різниця тисків:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 1 \text{ атм} \approx 0,1 \text{ МПа} = 1 \times 10^5 \text{ Па}.$$

Тоді:

$$F_d = \Delta P \cdot A = 1 \times 10^5 \cdot 1,9625 \times 10^{-3} = 196,25 \text{ Н}.$$

Порівнюємо зусилля пневмоциліндра з розрахованою сумарною силою опору:

$$F_d = 196,25 \text{ Н} > F = 94,145 \text{ Н}.$$

Отже, прийнятий діаметр поршня 50 мм забезпечує достатній запас зусилля для надійного переміщення масиву фасованої сировини.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням отриманих даних для механізму переміщення масиву приймаємо пневмоциліндр фірми «FESTO PNEUMATIC» марки DNGS-50-660 (DIN ISO 64-31) з діаметром поршня $d=50$ мм та довжиною ходу штока $L=660$ мм [25].

Необхідна швидкість переміщення масиву упаковок визначається за залежністю:

$$v = S_{px} / \tau_{px}, \quad (3.11)$$

де $\tau_{px}=2$ с – час переміщення масиву за циклограмою роботи машини;

$S_{px}\approx 0,66$ м – довжина ходу штока при зіштовхуванні масиву.

Тоді:

$$v = 0,66/2 = 0,33 \text{ м/с.}$$

За каталогом для вибраного пневмоциліндра максимальна швидкість переміщення вантажу становить:

$$v_{\max} = 1,9 \text{ м/с.}$$

Для забезпечення необхідної робочої швидкості $v=0,33$ м/с в лінію підведення повітря до пневмоциліндра встановлюють регульовальний дросель, що обмежує витрату повітря та забезпечує плавний, безударний рух масиву фасованої сировини.

3.2.3 Розрахунок витрат стисненого повітря пневмоциліндром приводу механізму переміщення масиву

Витрати стисненого повітря для роботи пневмоциліндра визначають за формулою (3.7):

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$Q=qn\varphi,$$

де $q=2V$ – об'єм повітря, необхідний для виконання одного повного циклу (хід «вперед» + хід «назад»);

$n=10$ – кількість циклів за хвилину;

$\varphi=1,2$ – коефіцієнт, що враховує невикористані витрати повітря (витоки, перехідні процеси).

Об'єм робочої порожнини пневмоциліндра:

$$V=\pi R^2 L=3,14 \times 2,52 \times 66=1295,25 \text{ см}^3. \quad (3.12)$$

У літрах:

$$V=1295,25 \text{ см}^3 \approx 1,295 \text{ л.}$$

Тоді об'єм повітря для одного повного циклу:

$$q=2 \times 1,295=2,59 \text{ л.}$$

Підставляючи значення в формулу витрат, одержуємо:

$$Q=2,59 \times 10 \times 1,2=31,08 \text{ л/хв.}$$

Отже, витрати стисненого повітря пневмоциліндром приводу механізму переміщення масиву фасованої сировини становлять приблизно

$$Q \approx 31,1 \text{ л/хв.}$$

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Це значення використовується при виборі компресорного обладнання та елементів підготовки стисненого повітря (фільтри, регулятори, магістральні трубопроводи) для забезпечення надійної роботи пневмосистеми укладальника.

3.3 Висновки до третього розділу

У третьому розділі виконано розрахунки, що підтверджують працездатність автоматизованого укладальника фасованої сировини у тару. На основі аналізу сил, які діють на виконавчі механізми, визначено необхідні зусилля пневмоциліндрів для формування ряду, подачі масиву та його укладання у тару. Проведені розрахунки коефіцієнтів тертя, масових навантажень і додаткових опорів дозволили встановити мінімальні тягові характеристики приводів та визначити відповідні типорозміри пневмоциліндрів.

Для кожного механізму обрано стандартні пневмоциліндри FESTO, які задовольняють вимоги щодо зусилля, ходу штока та швидкості переміщення. Додатково розраховано витрати стисненого повітря, що забезпечує можливість коректного підбору компресорного обладнання та елементів пневмосистеми.

Отримані результати підтверджують правильність прийнятих конструктивних рішень і гарантують надійну, стабільну та безпечну роботу автомату в умовах виробництва.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розроблено автоматизований укладальник фасованої сировини у тару, призначений для використання на підприємствах легкої промисловості та суміжних галузях, де виконуються операції фасування, пакування та транспортування сипких, гранульованих і дрібнодисперсних матеріалів. У ході дослідження проведено огляд сучасних технічних рішень, визначено їхні переваги й недоліки, сформовано вимоги до нового обладнання з урахуванням особливостей фасованої сировини, типів тари та необхідної продуктивності.

Розроблено технологічну схему роботи автомату, яка забезпечує послідовне виконання операцій подачі, формування ряду, зіштовхування масиву, його фіксації та укладання у транспортну тару без деформації упаковок та втрат матеріалу. Запропонована конструкція укладальника містить пневматичні механізми формування та переміщення масиву, каретку укладання, механізм фіксації, складний мундштук, систему конвеєрів та опорну раму. Обладнання є модульним, надійним і сумісним із сучасними пакувальними лініями.

У роботі створено систему автоматизації на базі програмно-логічного контролера, розроблено структурну та функціональну схеми, підібрано комплект датчиків, пневморозподільювачів, контролерів та елементів безпеки. Система забезпечує автоматичний, напівавтоматичний і ручний режими, контроль параметрів пневмосистеми, захист від аварійних ситуацій і можливість оперативного налаштування.

Проведено інженерні розрахунки, які підтвердили працездатність конструкції: визначено зусилля пневмоциліндрів, витрати стисненого повітря, сили тертя та навантаження на виконавчі механізми. Обрані пневмоциліндри FESTO забезпечують необхідний запас зусилля, стабільність роботи та ресурсозбереження. Також наведено вимоги до монтажу, налагодження та експлуатації укладальника, що гарантує його безпечну та безвідмовну роботу в умовах виробництва.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розроблений автоматизований укладальник фасованої сировини у тару повністю відповідає технічним і технологічним вимогам сучасного виробництва. Він дозволяє підвищити продуктивність пакувальних процесів, зменшити трудомісткість, покращити якість укладання, знизити втрати матеріалу та інтегрувати обладнання в автоматизовані лінії легкої промисловості. Отримані результати підтверджують ефективність і практичну значущість запропонованого технічного рішення.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Легка промисловість: значення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dovidka.biz.ua/legka-promislovist-znachennya>
2. Конспект лекцій з дисципліни «Логістика» для студентів напрямів 6.030508 «Фінанси і кредит», 6.030509 «Облік і аудит» / Укладач: А.С. Зеніна-Біліченко. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2017. – 107 с.
3. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. – Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. – 407 с. 4. Автоматизація пакувальних процесів: переваги та впровадження в українських реаліях [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://manupackaging.ua/avtomatizaciya-pakuvalnih-procesiv-perevagi-ta-vprovadzhennya-v-ukrainskih-realiyah/>
5. Управління якістю продукції та послуг/ Білецький Е. В., Янушкевич Д. А., Шайхлісламов З. Р., Харків. торгов.-економ. інститут КНТЕУ- Х. : ХТЕІ, 2015 - 222 с.
6. Загальна характеристика легкої промисловості України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/library/embed/0100bvmr-3f3b.doc.html>.
7. Полімерна сировина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chimtorg.com.ua/raw/raw-materials/>.
8. Барвники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8>.
9. Клей розплав [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://estrade.com.ua/klej-rozplav-dlya-derevini-henkel/>
10. Композитні та порошкові матеріали: навчальний посібник / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, М.Д. Мельничук, О.Л. Садова; за заг. ред. П.П. Савчука. – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.

					МРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

11. Автоматичний укладальник дощок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sky-wood.com/product/avtomaticheskij-ukladchik-dosok>.

12. Автоматичний маніпулятор-укладальник для складування готової продукції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hyperpress.com.ua/ua/p1684948028-manipulyator-avtomatizirovannyj-dlya.html?source=merchant_center&gad_source=1&gad_campaignid=21408377232&gbraid=0AAAAA9ju3RweoNQVbW71PZCjl0MQ76t13&gclid=CjwKCAiA_dDIBhB6EiwAvzc1cFr60GE0IDnEphxNS4f1rK9mONCJ11jBdj1a14SIInnMh2PZ3mq_1MхоCM8AQA_vD_BwE

13. Автоматична система укладання пакетів (bagmaker inserter) Pattyn RAZIM-P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://manupackaging.ua/equipment/avtomatichna-sistema-ukladannya-paketiv-bagmaker-inserter-pattyn-razim-p/>

14. Автоматична машина для укладання продукції TrayМАК [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tmak.com.ua/katalog/avtomatychna-mashyna-dlia-ukladannia-produktsii-traymak>

15. Основи розробки технологічного процесу складання машин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%91%D0%BE%D0%B6%D0%BA%D0%BE%20%D0%A2%D0%B5%D1%82%D1%8F%D0%BD%D0%B0%20%D0%84%D0%B2%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B0%20%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9/page16.html

16. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

17. Деталі машин і основи конструювання : конспект лекцій / укладач В. В. Стрелец. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 150 с.

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

18. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин: Підруч.– 2-ге вид.перероб. – Львів: Афіша. 2003. – 560 с.

19. Коновалюк, Дмитро Михайлович, автор. Деталі машин. Практикум : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Д.М. Коновалюк, Р.М. Ковальчук, В.О. Байбула, М.М. Товстушко. - Київ : Кондор, 2021. - 276 с. 20. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.

21. Малащенко В.О. Деталі машин : збірник завдань та прикладів розрахунку / В.О. Малащенко, В.Т. Павлице ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів :

"Новий Світ-2000", 2019. - 214 с. 22. Автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kck.ua/>

23. Автоматизація збору даних з технологічного обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pronet.ua/avtomatizacziya-zboru-danikh-z-tekhnologichnogo-obladnannya/>

24. Верба, І. І. Навчальний посібник „Обладнання автоматизованого виробництва“ „Сучасні тенденції розвитку систем автоматизації“ для поглибленого вивчення дисципліни [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 „Прикладна механіка“, спеціалізації „Технології комп’ютерного конструювання верстатів, роботів та машин“ / І. І. Верба, О. В. Даниленко, О. В. Самойленко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,65 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 260 с.

25. Продукти Festo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.festo.com/ua/uk/c/produkti-id_pim1/

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					MPMA25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		