НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____Сергій БЛАЖЕНКО	_____Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 2025 р.	«___» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» _____
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Удосконалення машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки продуктивністю 180 пачок за хвилину

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-2М

Романенко Юрій Дмитрович _____ _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник проф. Якимчук Микола Володимирович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач_____
(підпис)

Київ - 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра *Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*
Освітній ступінь *магістр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)
Освітня програма *«Інжиніринг харчових виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК
«____» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Романенко Юрій Дмитрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки продуктивністю 180 пачок за хвилину
керівник проекту (роботи) Якимчук Микола Володимирович, докт.техн.наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «17» вересня 2024 р. № 712-кс..
2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025р.
3. Вихідні дані до роботи *1. Технічний паспорт обладнання.*
2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел.*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Загальний вигляд обладнання – 3 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 2 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 18.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	*Реферат, зміст*	20.09.2025	
2	*Вступ*	25.09.2025	
3	*Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження*	30.09.2025	
4	*Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження*	10.10.2025	
5	*Дослідна частина та узагальнення результатів*	26.10.2025	
6	*Розрахункова частина*	30.10.2025	
7	*Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування*	15.11.2025	
8	*Заходи з охорони праці та охорони довкілля*	20.11.2025	
9	*Маркетингове обґрунтування проекту*	23.11.2025	
10	*Висновки*	29.11.2025	
11	*Список використаних джерел*	29.11.2025	
12	*Графічна частина: 10 аркушів*	30.11.2025	
13	*Подача кваліфікаційної роботи на кафедру*	01.12.2025	

Здобувач _____ _Романенко Ю.Д
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _Якимчук М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Зростання попиту на фасовані продукти, підвищення вимог до захисту та збереження сипких харчових матеріалів, а також необхідність оптимізації витрат роблять актуальним удосконалення пакувального обладнання та впровадження високошвидкісних автоматизованих систем.

У межах дипломного проєкту виконано комплексне дослідження, спрямоване на розроблення та вдосконалення машини для формування картонних пачок із плоскоскладених заготовок, їх заповнення сипкою продукцією та подальшого закривання.

У роботі запропоновано нову конструкцію вузла виділення заготовок на основі шнекового гвинта змінного кроку, що забезпечує стабільне подавання, інтервалізацію та виключає подвійний захват. Розроблено формоутворювальний блок на базі стрічкових конвеєрів із підвищеним коефіцієнтом тертя, який забезпечує якісне розгортання заготовки та формування картонної пачки без деформацій.

Проведені дослідження кінематики та динаміки переміщення пачки в транспортних системах дали змогу визначити раціональні параметри руху, мінімізувати силові навантаження та підвищити надійність роботи механізмів.

Метою дипломного проєкту є удосконалення машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки продуктивністю 180 пачок за хвилину.

Об’єктом дослідження є процеси формування картонної тари та наповнення її сипкими харчовими продуктами.

Предметом дослідження є конструктивні, кінематичні та технологічні рішення, що забезпечують формування картонної пачки та її інтеграцію в автоматизований цикл фасування.

Ключові слова: пакування, картонна пачка, сипкі продукти, заготовка, формування, дозування, автоматизація, продуктивність.

ABSTRACT

The growing demand for packaged products, the increasing requirements for the protection and preservation of bulk food materials, and the need for cost optimization make it essential to improve packaging equipment and implement high-speed automated systems.

This diploma project presents a comprehensive study aimed at developing and enhancing a machine designed for forming carton boxes from flat-folded blanks, filling them with bulk products, and subsequently closing and sealing them. A new design of the blank-separation unit based on a variable-pitch screw feeder is proposed, ensuring stable feeding, accurate interval spacing, and eliminating double picking. A forming module based on high-friction belt conveyors has been developed; it provides high-quality unfolding of the blank and deformation-free shaping of the carton box.

Kinematic and dynamic analyses of box movement within transport systems made it possible to determine rational motion parameters, minimize mechanical loads, and increase the reliability of operating mechanisms.

The purpose of the diploma project is to improve a packaging machine for filling bulk products into carton boxes with a capacity of 180 boxes per minute. The object of the study is the processes of forming carton containers and filling them with bulk food products.

The subject of the study includes constructive, kinematic, and technological solutions that ensure proper carton-box formation and its integration into an automated packaging cycle.

Keywords: packaging, carton box, bulk products, blank, forming, dosing, automation, productivity.

ЗМІСТ

Реферат……..…….4

Зміст……6

Вступ …….……7

1. Аналіз сучасного стану об’єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження ……..……...……8
2. Розробка нового технічного рішення об’єкту дослідження ….……15
3. Дослідна частина та узагальнення результатів ……..….23
4. Розрахункова частина……....29
5. Принципи автоматизованого управління об’єктом проектування …...49
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля ……..……...54
7. Маркетингове обґрунтування проекту ……..……..62

Висновки ……..…...…….....65

Список використаних джерел……..…….…...66

Додатки……

ВСТУП

Зростання споживчого попиту на фасовані продукти, розширення асортименту та підвищення вимог до якості пакування стимулюють підприємства до модернізації обладнання та впровадження автоматизованих високошвидкісних ліній.

Сучасний ринок пакувального обладнання України характеризується суттєвою залежністю від імпортних машин, особливо у сегменті формування картонних пачок із плоскоскладених заготовок. Вітчизняні виробники обладнання майже не представлені в цьому технологічному напрямку, що формує потребу у власних інженерних рішеннях та створенні альтернативного, економічно доступного обладнання.

Актуальність роботи визначається зростанням попиту на продуктивні, енергоощадні та технологічно гнучкі системи пакування, які дозволяють працювати з різними типорозмірами картонних пачок, забезпечують стабільність геометрії тари та високу точність дозування сипких продуктів. Особливої уваги потребує розроблення механізмів формування картонних пачок, оскільки саме цей етап визначає якість подальшого наповнення та закривання.

Новизна проєкту полягає в модернізації пакувальної машини з оригінальним вузлом виділення плоскоскладеної заготовки, що побудований на базі шнекового гвинта змінного кроку, та у розробці формоутворюючого модуля нового типу, який не має прямих аналогів у сучасних промислових рішеннях. Конструкція забезпечує стабільне розгортання заготовки, формування пачки та її переміщення до вузлів закривання й дозування.

Метою дипломного проєкту є удосконалення машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки продуктивністю 180 пачок за хвилину.

Об’єктом дослідження є процеси формування картонної тари та наповнення її сипкими харчовим продуктами.

Предметом дослідження є конструктивні, кінематичні та технологічні рішення, що забезпечують формування картонної пачки та її інтеграцію в автоматизований цикл фасування.

Результати роботи спрямовані на розв’язання актуальних інженерних задач щодо машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд технологічних схем, за якими працює обладнання для формування упаковки типу «пакет у пачці»

Упаковка формату «пакет у пачці» широко застосовується для фасування сипучих харчових продуктів. Технологічні лінії, що реалізують цей принцип, можуть працювати за двома, а за деякими класифікаціями — за трьома основними схемами. В основу поділу покладено спосіб укладання наповненого пакета в картонну пачку та просторове положення самої пачки під час цієї операції. Пакет — як одиничний, так і згрупований — може бути вкладений у розкриту пачку збоку (горизонтальне розташування) або зверху (вертикальне розташування).

Найбільш поширеним варіантом є схема, за якої пакет-подушечка з гнучких термозварюваних матеріалів вкладається в пачку, розташовану горизонтально (рис. 1.1).

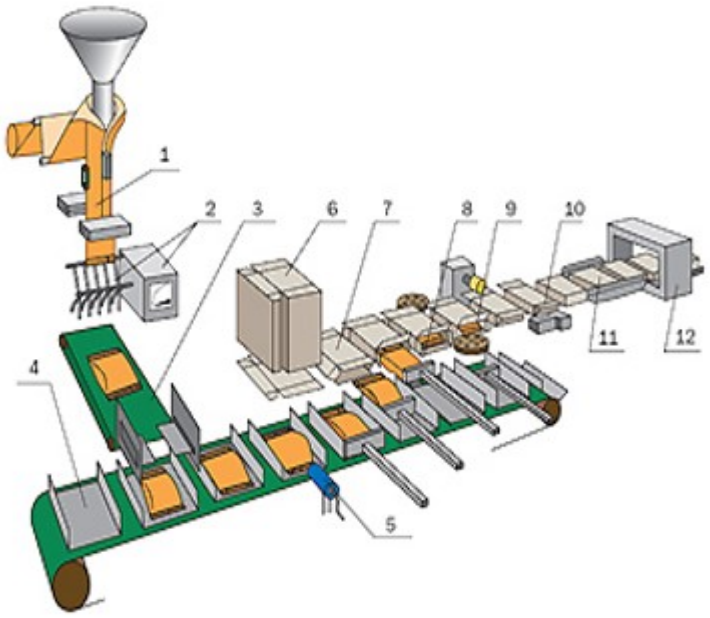


Рисунок. 1.1 — Технологічна схема лінії фасування сипучих продуктів у пакети з гнучких термозварюваних матеріалів з укладанням пакетів у картонні пачки (горизонтальне розташування пачки)

Після виходу з вертикального фасувального автомата коміркового типу (1) наповнені пакети можуть проходити контрольне зважування (2) або надходити безпосередньо на стрічковий транспортер (3). Далі пакети потрапляють у гнізда дискретно рухомого транспортуючого органу (4), наявність пакета контролюється фотоелементом (5).

Картонні заготовки, попередньо склеєні по подовжньому шву, подаються з касети (6) та формуються у пачки (7). Пакет виштовхується з гнізда та вводиться у розкриту пачку (8). Часто перед укладанням здійснюється калібрування пачки для забезпечення правильності її геометрії. На клапани пачки наноситься клей (9), після чого вони підгинаються (10), притискаються (11) та, за необхідності, додатково висушуються (12).

Укладання пакету при вертикальному розташуванні пачки

Другий варіант технологічної схеми застосовується рідше і передбачає укладання готового пакета-подушечки у вертикально встановлену пачку (рис. 1.2).

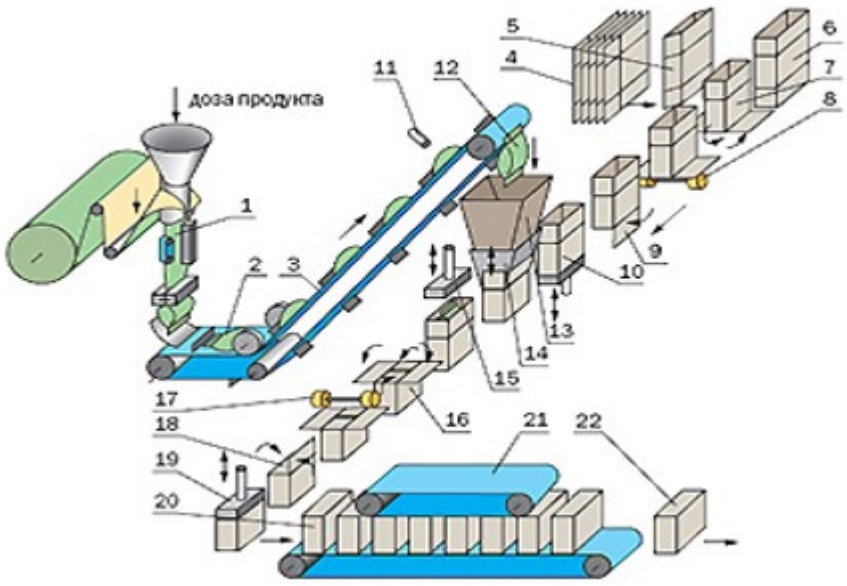


Рисунок. 1.2 — Технологічна схема лінії фасування сипучих продуктів з укладанням пакетів у картонні пачки при вертикальному розташуванні пачки

З фасувального автомата (1) пакети (2) подаються через зважувальний вузол або напряму на транспортер (3) з поперечними упорами. Заготовки пачок,

склеєні по подовжньому шву, подаються з касети (4), формуються (5) та встановлюються в гнізда транспортуючого механізму (6).

При дискретному русі укладача спочатку загинаються короткі клапани дна, потім відгинаються довгі (7), на які наноситься клей (8). Клапани дна підгинаються (9) і притискаються (10). На позиції завантаження пакет фіксується фотоелементом (11). За відсутності пакета подальший рух припиняється.

Пакет за допомогою транспортера (12) через воронку (13), нижня частина якої (14) відгинає верхні клапани пачки, подається всередину. Штовхач (15) підтискає пакет, формуючи остаточне положення. За потреби всередину кладуть додаткові елементи (мірники тощо). Далі підгинаються короткі клапани верху, довгі відгинаються (16), на них наноситься клей (17), вони загинаються (18) та притискаються (19).

Готові пачки подаються на вихідний транспортер (20), де додатково притискаються верхнім конвеєром (21), після чого надходять на наступні операції (22).

Укладання пакету в пачку безпосередньо з фасувального автомата

Деякі дослідники виділяють третю схему, у якій операції укладання пакета в пачку й заклеювання виконуються не окремою машиною, а інтегровані в сам фасувальний автомат. Розміщення пачки при цьому відповідає вертикальному варіанту, однак конструктивно система становить єдину лінію (рис. 1.3).

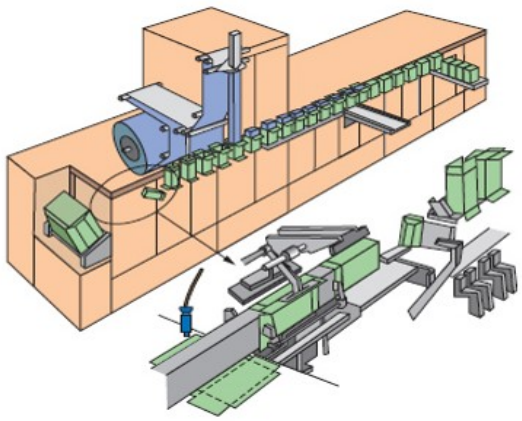


Рисунок. 1.3 — Компонувальна схема фасувально-пакувального автомата з укладанням пакета у пачку безпосередньо з рукавоутворювача

Використовуються труби рукавоутворювачів прямокутного або квадратного перерізу та пристрої для формування складок, що дозволяє отримувати так званий «стоячий пакет». Такі лінії є перспективними, оскільки дають змогу формувати складні комбіновані упаковки — наприклад, створювати вакуум у пакеті, а в подальшому наповнювати його модифікованим газовим середовищем.

Отвір у верхньому шві частково опущеного в пачку пакета дозволяє проводити вакуумування та газонаповнення під час горизонтального транспортування. Аналогічно зручно додавати в пачку додаткові елементи.

Укладання плоских пакетів типу «саше»

Плоскі пакети з трьома або чотирма швами («саше») рідко укладаються по одному. Здебільшого у картонну пачку або коробку завантажують комплект із кількох пакетів одного продукту або різних інгредієнтів. Такий вид упаковки характерний, наприклад, для порційного чаю чи комплексних наборів зі спеціями. Машини для пакування в картонні пачки призначені для повного циклу формування споживчої упаковки від створення та розгортання картонної заготовки до її наповнення продукцією та остаточного закривання. Такі пакувальні системи забезпечують складання картонної коробки, подачу та укладання у неї одиничних, групових або сипких виробів, за потреби разом із листками-вкладишами, а також закривання або склеювання клапанів. Окремі модифікації обладнуються пристроями для нанесення термоклею, що використовується залежно від технологічних вимог виробництва та характеристик упаковки.

Сучасні картоноробні та фасувальні автомати дозволяють працювати з вертикально або горизонтально орієнтованими пачками, що забезпечує гнучкість у виборі технологічної схеми. Таке обладнання широко застосовується у фармацевтичній, косметичній, харчовій та кондитерській промисловості, де до процесу пакування висуваються високі вимоги щодо точності, продуктивності, стабільності та естетичної якості зовнішнього вигляду продукції.

У контексті даного дослідження важливо розглянути сучасні конструкції машин для формування картонної пачки та подальшого фасування у неї продукції, з огляду на те, що саме ці технологічні рішення визначають ефективність функціонування ліній типу «пакет у пачці». Подальший аналіз присвячений вивченню особливостей роботи такого обладнання, методів укладання пакета в пачку та конструктивних відмінностей між поширеними схемами пакування.

1.2 Огляд технологій формування картонних пачок з плоско складеної заготовки

Картонні коробки типу «пачка» належать до одноразової споживчої тари, яка після відкривання не використовується повторно і призначена переважно для транспортування та зберігання продукції. Така упаковка широко застосовується у фармацевтичній, харчовій, косметичній промисловості, а також у сегменті побутової хімії. Її популярність пояснюється невисокою собівартістю, простотою виготовлення та високими споживчими властивостями.

Плоско складені заготовки формуються з картону відповідно до заданих геометричних параметрів майбутньої коробки — довжини, ширини та висоти. Оптимальне розташування розгортки на листі картону дає змогу мінімізувати витрати матеріалу, оскільки елементи розгортки добре «вкладаються» один в один. Картонні пачки легко транспортуються завдяки малій вазі, відповідають вимогам міжнародних стандартів і санітарних норм, а також підлягають повній утилізації.

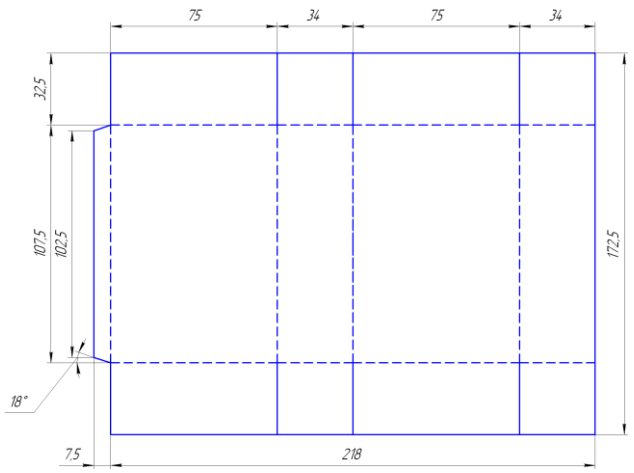


Рисунок. 1.4 - Вигляд плоско складеної заготовки

Процес формування картонної пачки з плоско складеної заготовки здійснюється за стандартизованою технологічною схемою. На початковому етапі заготовки подаються з магазину, де вони перебувають у складеному стані. Далі відбувається виділення одиничної заготовки та надання їй об’ємної форми. Після розкриття пачки послідовно формують її дно: загинають короткі клапани, відгинають поздовжні, наносять клей і завершують складання шляхом загинання внутрішніх та зовнішніх клапанів. Таким чином утворюється жорстко зафіксована основа пачки, здатна витримувати навантаження від продукту.

Після формування дна картонна пачка переміщується до зони наповнення, де в неї подається продукція (сипучі матеріали, групові пакети або поодинокі вироби). Далі проводиться закривання верхніх коротких або поперечних клапанів. За необхідності на них наноситься клей, після чого відбувається загинання зовнішніх клапанів і остаточне скріплення. На виході утворюється готова споживча пачка, яка спрямовується на подальші операції — маркування, нанесення партійних номерів або укладання в групову або транспортну тару.

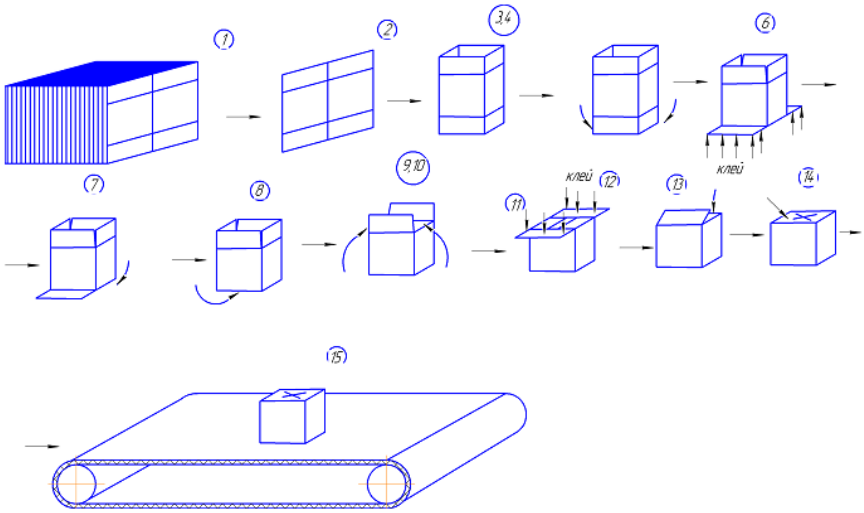


Рисунок. 1.5- Технологічна схема формування плоско складених заготовок

Для виконання вибору оптимальної конструкції картонної пачки в межах дослідження була створена її тривимірна модель. Це дозволило перевірити коректність геометрії розгортки, оцінити точність згортання та виявити можливі недоліки конструкції на етапі моделювання.

Рисунок .1.6- D модель пачки

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Принцип роботи

Модернізована пакувальна машина призначена для автоматизованого формування картонних пачок із плоскоскладених заготовок та заповнення їх сипкими продуктами з подальшим закриванням і заклеюванням клапанів. Конструкція машини передбачає низку технологічних вузлів, що забезпечують надійну роботу, високу продуктивність та адаптивність до різних типорозмірів картонних пачок.

До складу машини входять:

- механізм виділення плоскоскладених заготовок, побудований на базі шнекового гвинта змінного кроку;
- формуючий вузол, що працює на стрічкових конвеєрах з підвищеним коефіцієнтом тертя;
- універсальний формувальний модуль, який допускає регулювання під різні типи пачок;
- стаканчиковий дозатор, що забезпечує точну нормовану подачу продукту;
- система гарячого заклеювання клапанів, оснащена термоклеєвими пістолетами;
- система безпеки, що включає прозорі огородження з полікарбонату із вмонтованими датчиками відкриття;
- шафа керування з операторським пультом та встановленим частотним перетворювачем.

Верхні прозорі огородження виготовлені з ударостійкого полікарбонату Lexan, що забезпечує огляд процесу формування та підвищує рівень безпеки обслуговуючого персоналу.

Послідовність роботи машини: Плоскоскладені заготовки з магазину подаються до механізму виділення. Шнекові гвинти змінного кроку

захоплюють заготовку з обох сторін та синхронно переміщують її вперед. Величина кроку гвинта забезпечує формування інтервалів між заготовками.

Формування картонної пачки: Після виходу із зони шнеків заготовка потрапляє у пару стрічкових конвеєрів із підвищеним тертям. Під дією цих конвеєрів вона поступово розгортається та набуває об’ємної форми. У зоні виходу сформована пачка надходить до касети, яка закріплена на конвеєрі закривання клапанів.

Якщо магазин заготовок порожній, відповідний датчик подає сигнал на пневмоциліндр, який блокує пачку у фіксованому положенні. Завдяки двосторонньому затисканню напрямними, пачка зберігає форму навіть під час зупинки.

Формування та заклеювання дна пачки: Сформована пачка переміщується у зону закривання коротких і поздовжніх клапанів дна. Процес включає: механічне підгинання клапанів; нанесення гарячого клею термопістолетом; остаточне формування та притискання.

Пачка рухається по напрямній, що забезпечує стабільність геометрії та якість проклеювання.

Дозоване заповнення продукцією: У зоні дозування використовується стаканчиковий дозатор, який забезпечує нормоване та повторюване наповнення пачки сипким продуктом. Доза може регулюватися залежно від типу продукції та вимог технологічного процесу.

Закривання та заклеювання верхніх клапанів: Після заповнення пачка надходить на вузол закривання верхніх коротких та довгих клапанів. Гаряче заклеювання виконується системою з трьох пістолетів:

- один наносить клей уздовж довгої сторони клапана;
- два інші забезпечують промазування коротких клапанів.

Після нанесення клею клапани підгинаються, формуючи герметичне та міцне закриття.

Виведення та передача на наступні операції: Перед виходом із машини пачка рухається по напрямній, що забезпечує повноцінне формування та стабільне

проклеювання верхніх клапанів. Готова пачка передається на вихідний конвеєр і може подаватися на групове пакування або інші технологічні етапи.

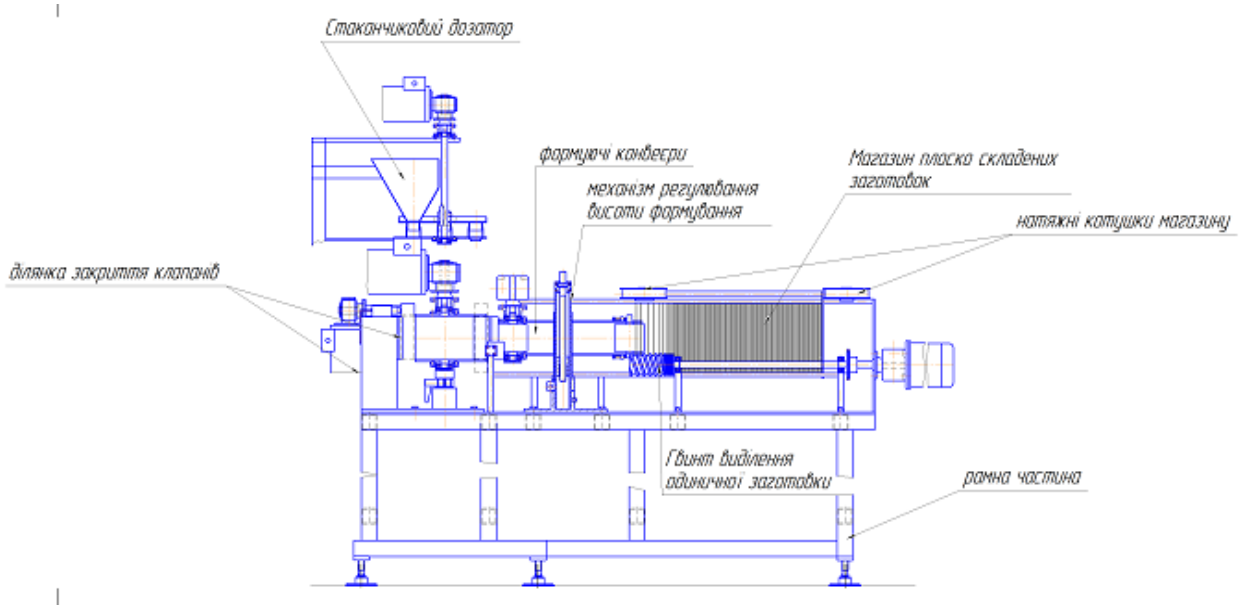


Рис. 2.1 Конструкція машини пакувальної

Для виготовлення картонних пачок зконструюємо механізм для формування плоско складених заготовок.

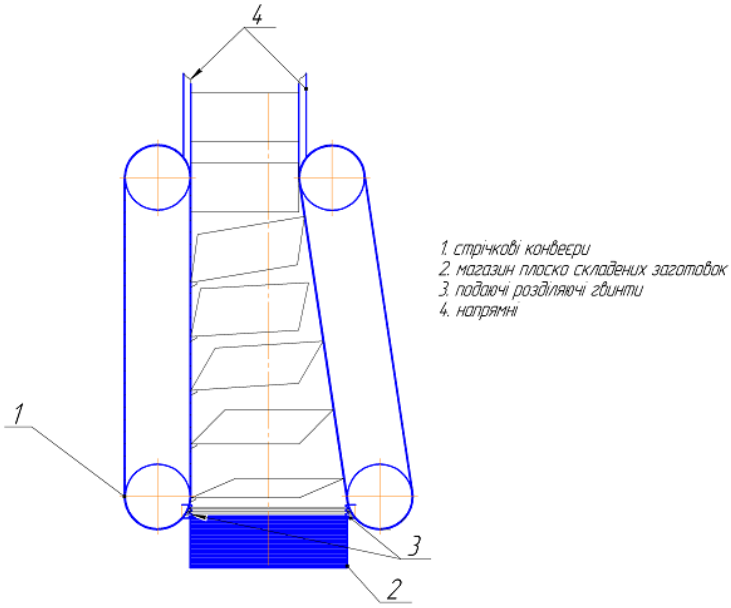


Рис.2.2 Формуючий механізм

Розрахунок параметрів формуючого механізму

- Визначаємо швидкість руху стрічки відстань між вантажами приймаємо А= 1м :

$z = 180$ пачок/хв

$$\upsilon_1 = \frac{z \cdot A}{3600} = \frac{10800}{3600} = 3 м/с$$

де z — штучна продуктивність, z=10800 шт/год(з технічного завдання).

$$v_2 = v_1 + c_1 = 3 + 0{,}068 = 3{,}068 \text{ м/с}$$

де c_1 – товщина упаковки, довжина розкриття.

Час формування однієї пачки:

$$T_{форм} = \frac{3600}{10800} = 0{,}33 \text{ с.}$$

Визначення лінійних мас.

Лінійна маса вантажу:

$$q_B = \frac{m}{l} = \frac{67{,}5}{0{,}394} = 171 \frac{г}{м} = 0{,}171 \frac{кг}{м}$$

Де

$$m = v \cdot \rho;$$

$$v = (a \cdot b \cdot c) \cdot 2 + a_1 \cdot b_2 \cdot 2 = 0{,}15 \cdot 0{,}345 \cdot 2 + 0{,}345 \cdot 0{,}068 \cdot 2 = 0{,}15 \text{ м}^2$$

$$\rho = 450 \text{ г/м}^2$$

$$m = v \cdot \rho = 450 \frac{\text{г}}{\text{м}^2} \cdot 0{,}15 \text{м}^2 = 67{,}5 \text{ г}$$

Лінійна маса стрічки:

$$q_c = \rho_c \cdot V = \rho_c \cdot B \cdot \delta \cdot 1м = 1400 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}002 \cdot 1 = 0{,}389 \frac{кг}{м},$$

де ρ_c — питома густина гуми ,

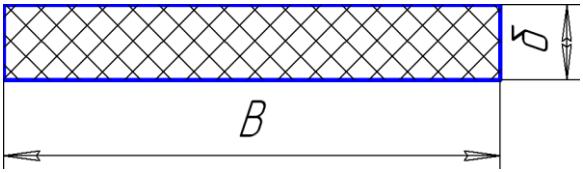


Рис. 2.3 Розміри стрічки

ρ_c=1400 кг/м³

За каталогом обираємо конвеєрну стрічку 2M12 U0-V20 GP

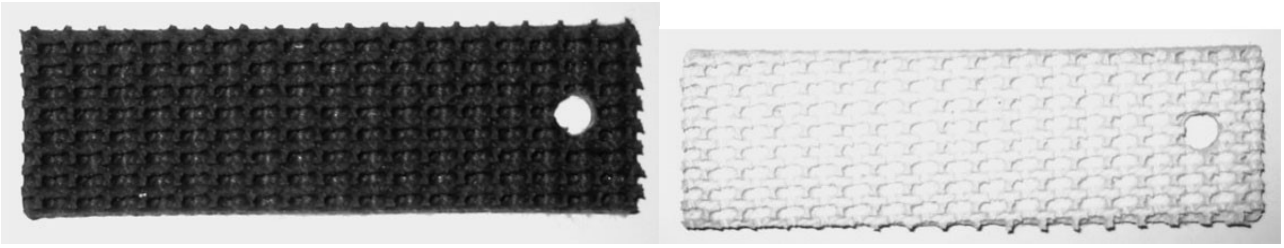


Рис. 2.4 Стрічка 2M12 U0-V20 GP

2.3 Магазин плоско складених заготовок

Геометричні розміри магазина були задані відносно розмірів заданої плоско складеної заготовки та виходячи з продуктивності та часу завантаження магазину оператором. (рис.2.5).

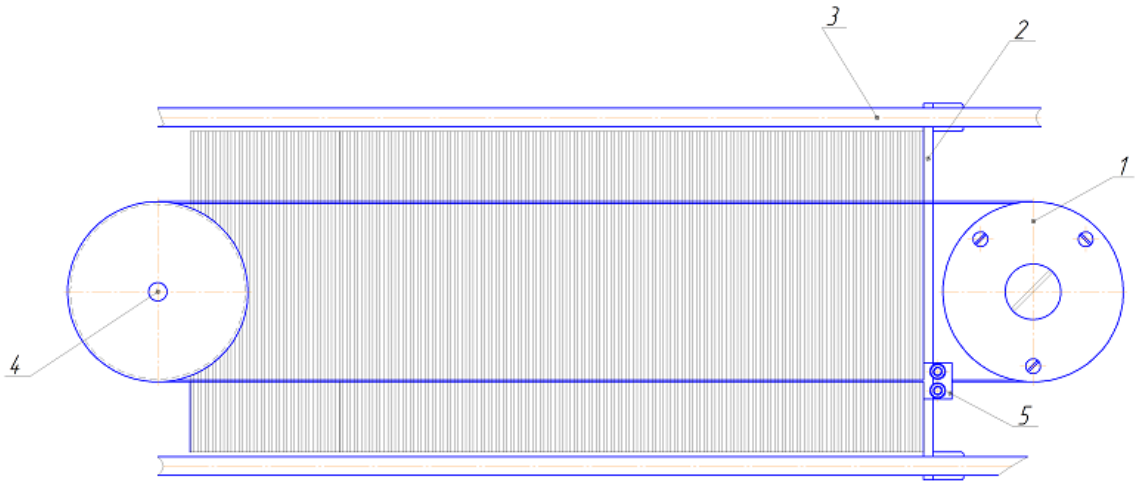


Рисунок. 2.5 – Магазин плоскоскладеих заготовок 1. натяжна котушка: 2. рухома притискна плита 3. Напрямні 4. Барабан 5. затискач

З каталогу System Plast було обрано котушку з наступними параметрами:

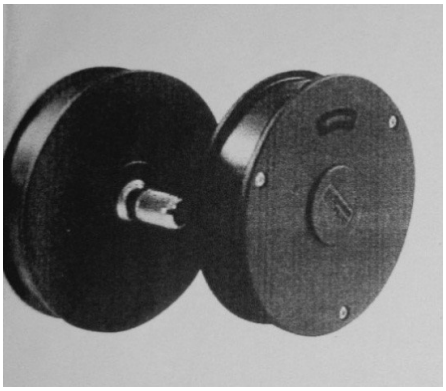


Рисунок 2.6 - Натяжні котушки

Таблиця. 2.1

Характеристики натяжної котушки

Версія стандарту	Версія зі змазкою	Вставка матеріалу	Направлення Руху	Навантаження	Обмотка
14280 14281	14280G 14281G	Сталь Латунь	Праве Ліве	0÷4000	2500
14280-SS 14281-SS	14280G-SS 14281G-SS	Нержевіюча Сталь	Праве Ліве	0÷4000	2500

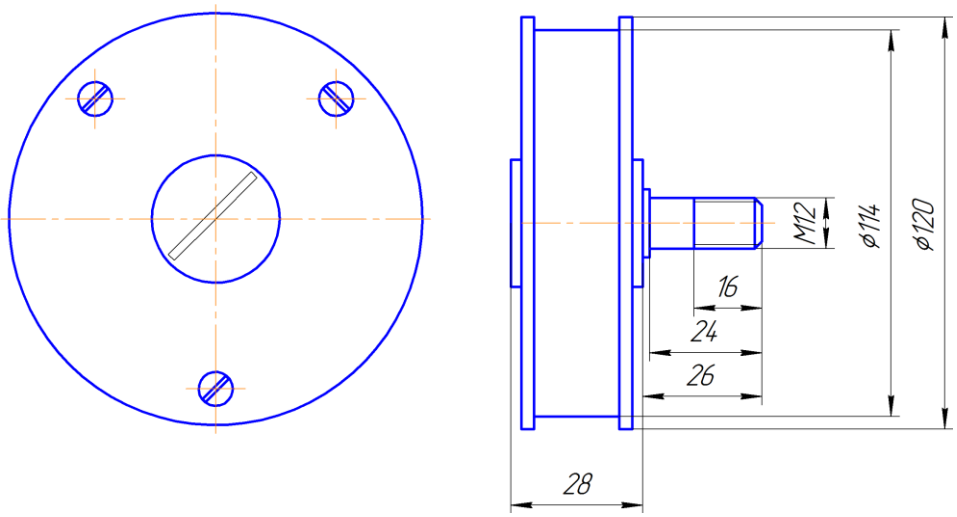


Рисунок 2.7 - Геометричні параметри котушки

Остаточного формування картонної пачки:

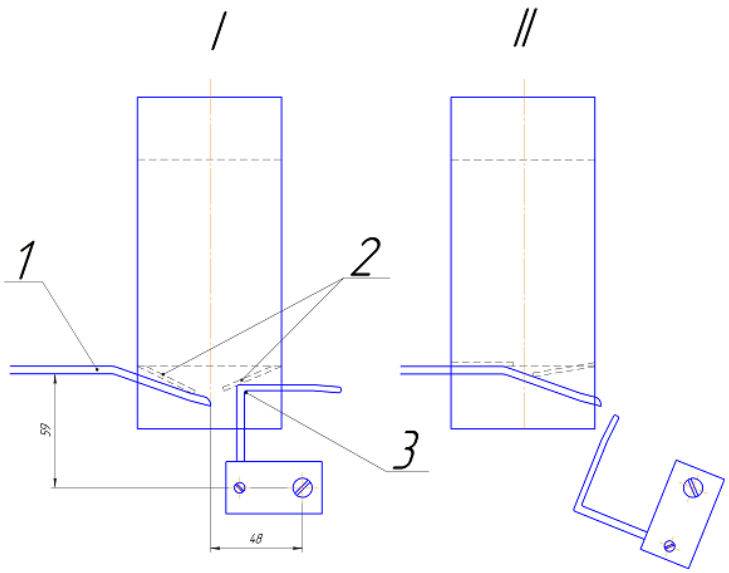


Рис. 2.8 Процес закриття коротких клапанів дна

I стадія: Стикання направляючої(1) і першого клапана та виштовхування другого клапана на необхідну висоту обертовою направляючою(3).

II стадія: Остаточне закривання поперечних клапанів(2), затискання клапанів напрямною.

Закриття поздовжніх клапанів здійснюється за допомогою трикутноподібної напрямної.

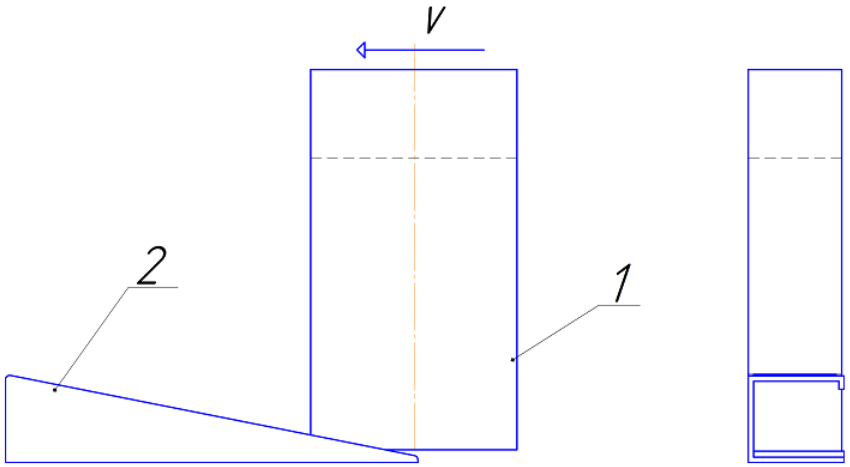


Рис. 2.9 Процес закриття поздовжніх клапанів дна пачки

РОЗДІЛ 3
ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Дослідження переміщення сформованих картонних пачок із плоскоскладених заготовок у карманних носіях роторних машин

У роторних пакувальних машинах сформовані картонні пачки переміщуються транспортною системою за допомогою спеціальних карманних носіїв. У процесі транспортування, особливо на криволінійних ділянках траєкторії, на пачку діє комплекс сил, величина яких істотно впливає на цілісність упаковки та стабільність її положення в кармані. Найбільш сприятливі умови виникають при сталому русі ротора, тоді як максимальні силові навантаження спостерігаються під час розгону транспортної системи.

На рис. 3.1 показано силову схему навантаження пачки, розміщеної у кармані з нерухомими боковими стінками.

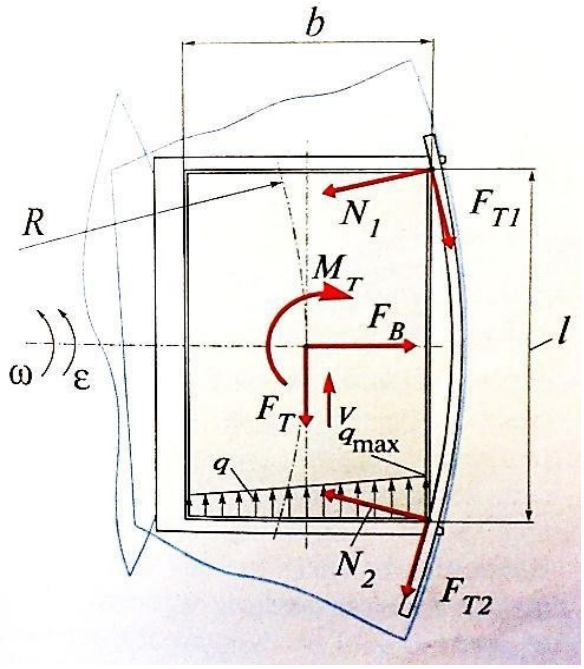


Рис. 3.1. Схема силового навантаження пачки в кармані з нерухомими стінками

Сумарний опір переміщенню W_1 у цьому випадку складається з опору тертя днища пачки по несучій площині Fm, опору тертя по бокових напрямних Fm_1 і

Fm_2, а також опору, що зумовлений дією інерційних сил під час розгону, *Fдин.* Враховуючи перелічені фактори, сумарний опір визначається виразом:

$$W_1 = m\,[gf + R(\omega^2 f_1 + \varepsilon)] \qquad (3.1)$$

де m – маса пачки; g – прискорення вільного падіння, g=*9,81 м/с²; f і fl* – коефіцієнти тертя ковзання, відповідно, для пачки по несучій площині і ребер пачки по бічних напрямних; R – радіус кривизни траєкторії руху центру мас пачки; ω – кутова швидкість повороту ротора транспортної системи; ε – кутове прискорення. Максимальний тиск q_{max} на задню стінку пачки, що виникає внаслідок взаємодії з карманом, визначається за формулою:

$$q_{max} = \{m[gf + R(\omega^2 f_1 + \varepsilon)] + \frac{2M_T + m\omega^2 R f_1 b}{2l}\} \cdot (b \cdot k)^{-1} \qquad (3.2)$$

де l і b – відповідно довжина і ширина пачки; k – висота бічної стінки кармана; *Mm* – момент сил тертя дна пачки по несучій площині

Сила нормального тиску N_1, що діє на переднє ребро пачки, і відповідна сила тертя Fm_1 формують лінійне питоме навантаження:

$$p = \frac{\frac{m\omega^2 R}{2} + \frac{M_T}{l}}{2k_1}\sqrt{1 + f_1^2} \qquad (3.3)$$

де k_1 – ширина бічної напрямної.

Щоб уникнути деформації або руйнування пачки, необхідно дотримуватися умов міцності:

$$q_{max} \le [q] \text{ і } p \le [p] \qquad (3.4)$$

де $[q]$ – допустимий тиск на грань пачки; $[p]$ – допустиме питоме лінійне навантаження.

На основі цих умов встановлюються обмеження на кутову швидкість транспортної системи. За обмеженням q кутова швидкість не повинна перевищувати:

$$\omega \leq \left(\frac{b \cdot k \cdot [q] - m(gf + Rs) - \frac{M_T}{l}}{mRf_1\left(1 + \frac{b}{2l}\right)}\right)^{0,5} \quad (3.4)$$

За обмеженням p максимально допустима кутова швидкість становить:

$$\omega \leq \sqrt{\frac{2}{mR}\left(\frac{2k_1 p}{\sqrt{1+f_1^2}} - \frac{M_T}{l}\right)} \quad (3.5)$$

3.2 Порівняння карманів з нерухомими стінками та карманів із рухомими захватами

Удосконалений тип карманів із поворотними захватами має істотні переваги. Відсутність бокових напрямних значно зменшує сумарний опір переміщенню пачки. У цьому випадку опір W_2 визначається лише силами тертя днища та інерційними навантаженнями:

$$W_2 = m(gf + R\varepsilon) \quad (3.6)$$

Мінімальний момент M^R, необхідний для замикання захватів, визначається:

$$M_R = mr(gf + R\varepsilon), \quad (3.7)$$

де r – радіус точки контакту захвату з ребром пачки.

Питоме навантаження на ребро при використанні рухомих захватів визначається:

$$p = \frac{m(gf + Rs)}{k \sin \alpha}, \quad (3.8)$$

де α – кут нахилу робочої поверхні захвату.

Максимально допустиме кутове прискорення системи обмежується:

$$\varepsilon \leq \frac{[p]k \sin \alpha - mgf}{mR} \quad (3.9).$$

Додаткове обмеження накладається жорсткістю картонної стінки. Величина її прогину λ під дією відцентрових сил визначається:

$$\lambda = \frac{m\omega^2 R(1-\mu^2)lh}{12E\delta^3}, \qquad (3.10)$$

де E – модуль пружності матеріалу пачки; μ - коефіцієнт Пуасона; δ – товщина матеріалу пачки; h – висота пачки

Допустима кутова швидкість:

$$\omega \leq \sqrt{\frac{12E\delta^3[\lambda]}{m\omega^2 R(1-\mu^2)lh}}. \qquad (3.11)$$

де [λ] – допустима максимальна деформація грані пачки

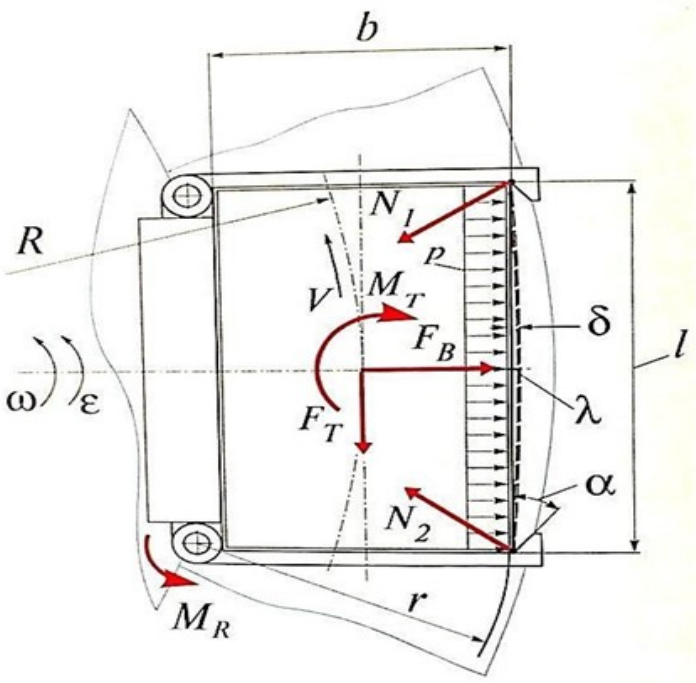


Рисунок. 3.2 - Схема силового навантаження пачки в кармані із захватами

Аналіз силових взаємодій у карманному носії. На рис. 3.3 наведена схема силової взаємодії пачки з елементами кармана. На упаковку діють реакції R_1 і R_2 від поворотних захватів, нормальні сили N_1 і N_2, сили тертя FT_1, FT_2 і FT_3, а також сила інерції F_i. Рівняння рівноваги пачки має вигляд:

$$F_{T1} + F_{T2} - F^y_{T3} - F^y_{i} = 0 \qquad (3.12)$$

На підставі математичного моделювання визначено мінімально необхідне розподілене навантаження від захватів, що забезпечує надійну фіксацію пачки при великих швидкостях. Графічні залежності наведено на рис. 3.3 та 3.4.

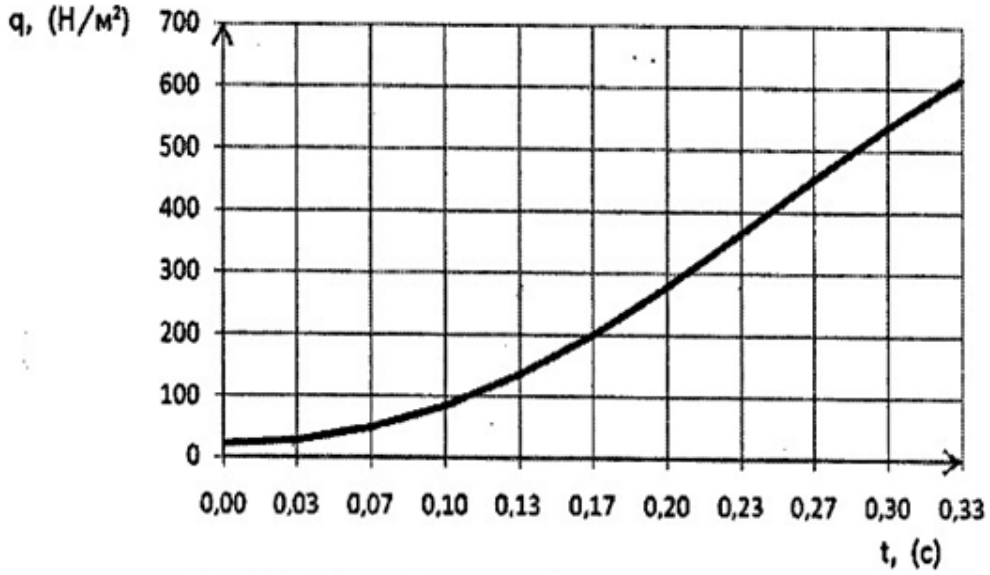


Рисунок. 3.3 - Графік зміни динамічних навантажень при переміщенні картонної пачки: 1-сила інерції при переміщенні пачки з продукцією; 2-сила тертя зчеплення упаковки з захватом(1); 3-сила тертя зчеплення упаковки з нижнім несучим дном; 4-сила тертя зчеплення упаковки з захватом.

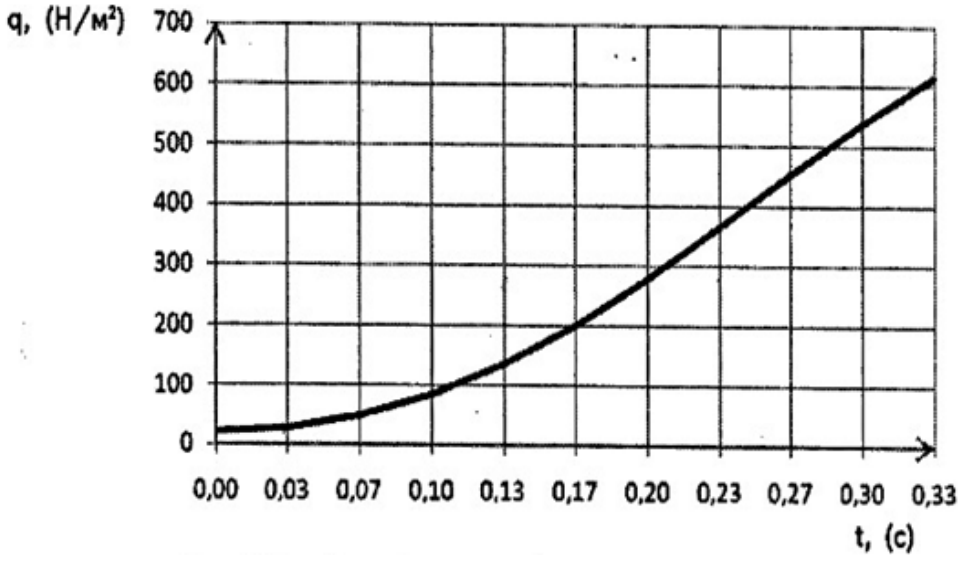


Рисунок. 3.4. - Графік зміни розподіленого навантаження при переміщенні від дії захватів на картонну пачку

Висновки

Аналітичні дослідження показали, що визначення раціональних параметрів транспортування картонних пачок неможливе без урахування фізико-механічних характеристик картону, геометричних параметрів заготовки та реальних силових факторів, які діють на упаковку. Значна частина параметрів — зокрема, лінійні моменти сил опору бігуванню — мають визначатися експериментально, оскільки аналітичні розрахунки не враховують структурної неоднорідності картону, похибок бігування та складних деформаційних процесів. Експериментально підтверджені дані дають змогу точно визначити раціональні режими руху роторних систем та забезпечити збереження упаковки при високих швидкостях роботи машин.

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок кінематичних і силових параметрів привода.

Знайдемо кутову швидкість ω:

$v = \omega \cdot r$; *v - лінійна швидкість, де r=45мм– радіус валка*

$$w = \frac{v}{r} = \frac{4}{0{,}045} = 88{,}8 \text{ рад/с}$$

1. Частота обертання привода:

$$w = 2\pi n => n = \frac{w}{2\pi} \cdot 60 = \frac{88{,}8}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = 848{,}82 \text{ об/хв}$$

2. Потужність на валу привода:

$$N_1 = N_{дв.} = 0{,}25 \text{ кВт}$$

3. Крутні моменти на валу приводу

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{250}{88{,}8} = 2{,}81 \text{ Н·м}$$

4. Знайдемо передаточне число редуктора:

$$u_p = \frac{n_{дв}}{\text{n}} = \frac{3000}{870} = 3{,}45$$

Обираємо з каталогу мотор-редуктор RMI 28FL:

Рис. 4.1 кінематичні параметри мотор редуктора STM RMI 28

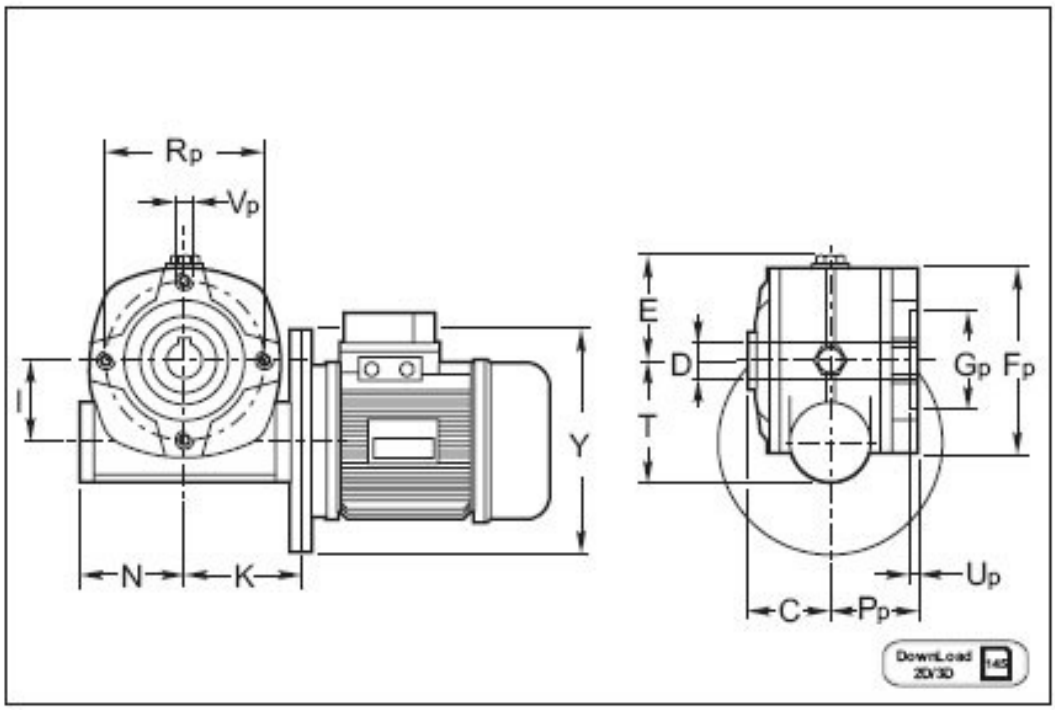
Табл.4.1

Таблиці даних двигунів

RI RMI	C	D H7	n_2 min^{-1}	ir	T2 Nm	FS'			M	m	N	T
28	30	14							7	M4	44.5 (46)*	49
40	41	19 (18)							4	M5	61.5	66
50	49	24 (25)							4	M6	72.5	80
63	60	25	0.25 kW				n_1= 2790 min^{-1} n_1= 1370 min^{-1} n_1= 870 min^{-1}	63B 2 71A 4 71B 6	6	M6	84	99
70	60	28							7	M8	92	108
85	61	32 (35)							15	M8	111	135
110	77.5	42							46	M8	142	170
130	90	48	15.5	56	89	1.6	RMI 63	71B 6	56	M10	161.5	195
150	105	55							95	M12	189	224
180	120	65	48		210		180	110	235	M14	232	265

*RI 28 - RMI 28 IEC56: N=44.5, RMI 28 IEC63: N=46

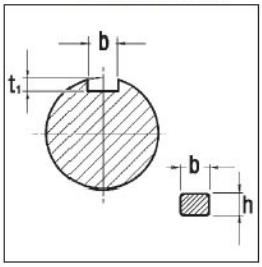
RMI 28P



Вали та шпонки рекомендовані виробником мотор-редукторів.

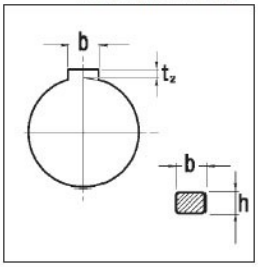
Шпонки

Входной вал



d	b x h	t_1	
9	3 x 3	1.8	
11	4 x 4	2.5	
14	5 x 5	3.0	+ 0.1 0
18	6 x 6	3.5	
19	6 x 6	3.5	
24	8 x 7	4.0	
28	8 x 7	4.0	
38	10 x 8	5.0	+ 0.2 0
42	12 x 8	5.0	
48	14 x 9	5.5	

Выходной вал



D	b x h	t_2	
14	5 x 5	2.3	+ 0.1 0
18	6 x 6	2.8	
19	6 x 6	2.8	
24	8 x 7	3.3	
25	8 x 7	3.3	
28	8 x 7	3.3	
32	10 x 8	3.3	
35	10 x 8	3.3	+ 0.2 0
42	12 x 8	3.3	
48	14 x 9	3.8	
55	16 x 10	4.3	
65	18 x 11	4.4	

Для регулювання частоти обертання застосуємо частотний регулятор Altivar 61.

Рис.4.2 Частотний регулятор Altivar 61

Серія перетворювачів частоти Altivar 61 призначена для двигунів потужністю від 0,75 до 630 кВт з трьома типами мережевого живлення.

4.2 Підбір пневмоциліндра

Для нашого випадку основне навантаження на пневмоциліндр зумовлено вагою плити.

Скористаємось відомими формулами: P = m • g ;

Де P - сила ваги; m - маса; g – гравітаційна стала Const = 9.81

m=V•p ;

де V - об'єм;

p - густина (в усіх випадках приймаємо густину сталі: 7600 кг/м^3). Отже, випадок перший:

P = $(a * b * c)$ • p • g=0,042*0,006*0,045*9.81*7600=0,845Н

Зусилля, що необхідне для руху плити:

F=P*s=0,845*0,075=0,6 Н

На основі проведених розрахунків встановлено, що робочі навантаження, які діють на пневмоциліндр у даному механізмі, є незначними. Отже, підібрані попередньо габаритні та конструктивні параметри приводу повністю

відповідають вимогам експлуатації та не потребують збільшення діаметра або ходу поршня. Це дозволяє обрати стандартні серійні пневмоциліндри без додаткового підсилення або спеціальних модифікацій.

Для реалізації функцій фіксації, позиціювання та утримання картонної пачки доцільно застосовувати короткоходові пневмоциліндри серії QN (односторонньої дії). Дана серія спеціально розроблена для умов обмеженого монтажного простору, що характерно для компактних пакувальних механізмів.

Завдяки поєднанню компактності, високої жорсткості корпусу та малої маси, циліндри QN широко застосовуються у затискних і фіксуючих пристроях, забезпечуючи:

- стабільну роботу на коротких циклах;
- високу повторюваність ходу;
- мінімальні втрати повітря;
- надійну фіксацію заготовок або елементів пакування.

Таким чином, за каталогом виробника обираємо короткоходові пневмоциліндри серії QN, які конструктивно та функціонально найкраще відповідають вимогам роботи пакувальної машини.

4.3 Вибір гвинта подачі заготовок

Для покращення виділення плоско складених заготовок з магазину використаємо гвинт з різним кроком.

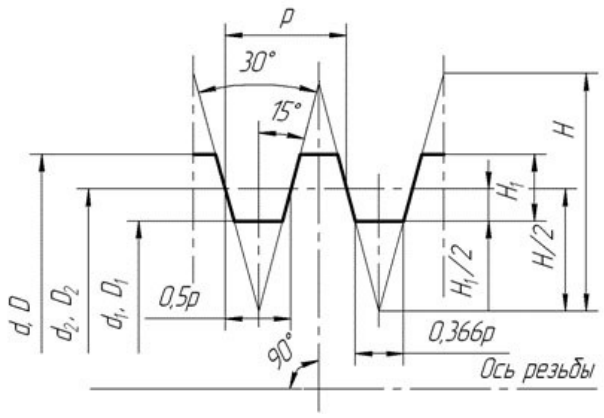


Рис.4.4 Параметри трапецеїдальної різьби

Табл.4.2

Диаметры и шаги трапецеидальной резьбы по ГОСТ 24737-81

Номинальный диаметр d	14	16; 18; 20	22; 24; 26; 28	30; 32; 34; 36	38; 40; 42	44
Шаг P	2; 3	2; 4	2; 3; 5; 8	3; 6; 10	3; 6; 7; 10	3; 7; 8; 12
Номинальный диаметр d	46; 48; 50; 52		55; 60	65; 70; 75; 80	85; 90; 95	100; 110
Шаг P	3; 8; 10		3; 8; 9; 12; 14	4; 10; 16	4; 5; 12; 18; 20	4; 5; 12; 20
ГОСТ предусматривает также диаметры резьбы до 640 и шаги до 24 мм.						

Характеристика параметрів нарізки

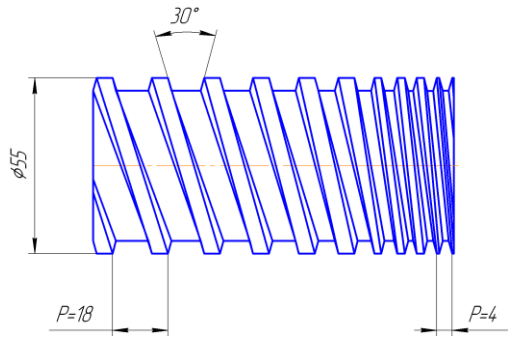


Рис. 4.5 Підібраний гвинт

4.4 Підбір привода для гвинта подачі заготовок

Розрахуємо необхідну кількість обертів для гвинта подачі заготовок:

$$n = \frac{z}{60} = \frac{180}{60} \approx 3 \text{ об/с}$$

З каталогу обираємо мотор редуктор RMI 28FL:

Шаг P	$H = 1{,}866P$	$\frac{H}{2} = 0{,}933P$	$H_1 = 0{,}5P$	$0{,}366P$	Шаг P	$H = 1{,}866P$	$\frac{H}{2} = 0{,}933P$	$H_1 = 0{,}5P$	$0{,}366P$
1,5	2,799	1,400	0,75	0,549	16	29,856	14,928	8	5,856
2	3,732	1,866	1	0,732	18	33,588	16,794	9	6,588
3	5,598	2,799	1,5	1,098	20	37,320	18,660	10	7,320
4	7,464	3,732	2	1,464	22	41,052	20,526	11	8,052
5	9,330	4,665	2,5	1,830	24	44,784	22,392	12	8,784
6	11,196	5,598	3	2,196	28	52,248	26,124	14	10,248

N=0.09 кВт, частота обертання n=1500 об/хв.

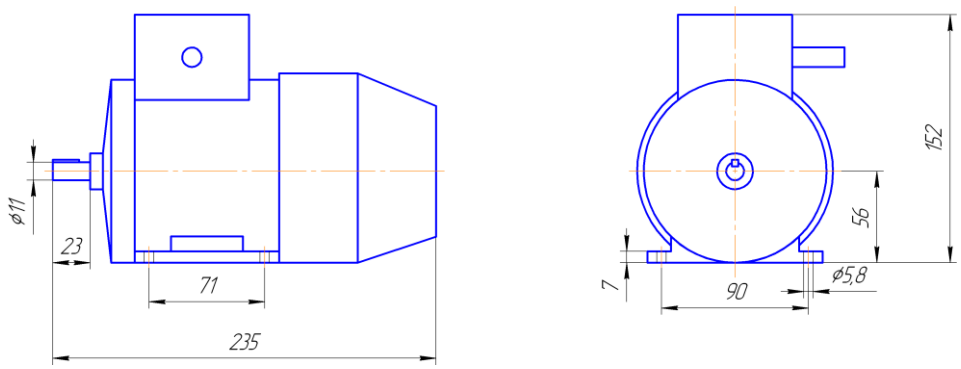


Рис. 4.6 Геометричні розміри двигуна

4.5 Розрахунок ланцюгової передачі

Для забезпечення синхронної роботи двох гвинтів подачі плоскоскладених заготовок у конструкції машини передбачено використання ланцюгової передачі, що дозволяє передавати рух від одного вала до іншого з високою кінематичною точністю. Такий спосіб синхронізації забезпечує одночасне захоплення та рівномірне переміщення заготовки з обох боків, що є критично важливим для коректного формування пачки.

У приводі гвинтової системи використовується електродвигун потужністю N = 0,25 кВт із частотою обертання вихідного вала n = 870 об/хв, що відповідає технологічним вимогам до швидкості подачі та стабільності руху заготовок.

Оскільки гвинти повинні обертатися з однаковою кутовою швидкістю, передаточне відношення ланцюгової передачі прийнято рівним: u=1

Це означає, що ведуча та ведена зірочки мають однакову кількість зубців, а похибка синхронізації мінімізована.

Використання ланцюгової передачі у даному випадку має такі переваги:

- забезпечує синхронність обертання двох гвинтів без прослизання;
- допускає певні відхилення у міжцентровій відстані без втрати працездатності;
- має високий ККД та стійкість до динамічних навантажень;
- проста в обслуговуванні та монтажі.

Отже, обраний тип передачі є оптимальним з конструктивної та експлуатаційної точки зору, забезпечує надійність механізму подачі заготовок та відповідність технологічним параметрам роботи пакувальної машини.

1.Згідно умовам експлуатації передачи приймаємо:

$K_1 = 1$ - навантаження спокійне

$K_2 = 1.25$ - нерегулюєма міжосьова відстань

$K_3 = 1.25$ - міжосьова відстань $a \le 25t$

$K_4 = 1$ - нахил лінії центрів зірочок до горизонту до 70°

$K_5 = 1.5$ - змащення періодичне

$K_6 = 1.5$ - робота в дві зміни

Коефіцієнт експлуатації передачі $K_e = 1 \cdot 1.25 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 1.5 = 3.5$

2. Коефіцієнт $S_t = 0.28$ - для ланцюга за ГОСТ 13568-75

3. При $n_1 = 870 об/хв$ вибираємо крок ланцюга t=12,7 мм

4. За кроком t=25.40мм і $n_1 = 870 об/хв$ допустимий удільний тиск в шарнірах приймаємо $[p] = 34,4 МПа$

5. При u=20 приймаємо число зубців ведучої зірочки z_1=18

6. Коефіцієнт, що враховує число рядів ланцюга $K_m = 1$

7. Розрахунковий крок ланцюга

$$t = 183\sqrt[3]{\frac{N \cdot K_e \cdot 10}{S_t \cdot [p] z_1 \cdot n_1 \cdot K_m}} = 183\sqrt[3]{\frac{0.09 \cdot 3.5 \cdot 10}{0.28 \cdot 34.4 \cdot 18 \cdot 75 \cdot 1}} = 11.4 \text{ мм}$$

8. Згідно стандарту приймаємо ланцюг ПР-12,7-1820-2, у якого t=12.7 мм,

$Q_{разр} = 18200 Н$, $S_{оп} = 50,3 мм^2$, маса 1м ланцюга q=1.0кг

9. Перевіряємо умову $n_1 \le n_{1\max}$, при t=12.7 мм допустима частота

$n_{1\max} = 1250\,\text{хв}^{-1}$, отже умова виконана.

Обираємо ланцюг марки ПР-12,7-1820-2

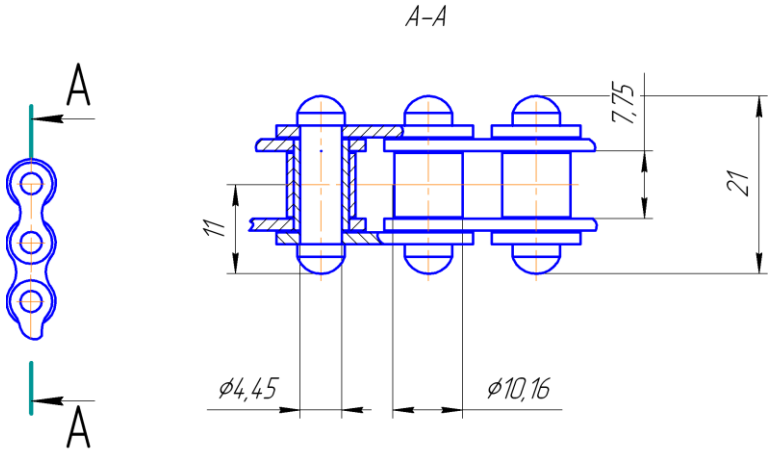


Рис. 4.7 Ланцюг ПР-12,7-1820-2

10. Колова швидкість ланцюга

$$v = \frac{z_1 \cdot n_1 \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{18 \cdot 75 \cdot 12.7}{60 \cdot 1000} = 0.29\,{}^{м}/_{с}$$

11. Колове зусилля, що передається ланцюгом

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{v} = \frac{1000 \cdot 0.09}{0.29} = 314.68H$$

12. Середній удільний тиск в шарнірах ланцюга

$p = {}^{F_t}/_{S_{on}} = {}^{314.68}/_{50.3} = 6.25МПа$, що менше $[p] = 34.4МПа$ прийнятого для частоти обертання $n_1 = 870\,{}^{об}/_{хв}$

13. Знайдемо термін служби ланцюга:

$$T = 5200\frac{\Delta t K_c \cdot \sqrt{z_1} \cdot \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{p\sqrt[3]{v} \cdot K_e}$$

Для цього знаходимо допустиме збільшенння кроку ланцюга $\Delta t = 3\%$, коефіцієнт змащення ланцюга $K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{v}} = \frac{0,15}{\sqrt{0,29}} = 0,28$

Міжосьова відстань , що виражена у кроках:

$$a_t = \frac{a}{t} = \frac{270}{12.7} = 21$$

Тоді: $T = 5200\frac{3 \cdot 0.28 \cdot \sqrt{18} \cdot \sqrt[3]{21 \cdot 1}}{6.25\sqrt[3]{0.29} \cdot 3.5} = 3531 год$, що більше за очікуємий термін служби $T = 4000 \cdot K_{cn} = 4000 \cdot 1.5 = 3000 год$

4.5 Розрахунок навантажень ланцюгової передачі

1.Натяжіння від провисання ведомої вітки від власної маси

$F_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot a = 4 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 0,27 = 11,8H$,

Де Kf=4 – коефіцієнт провисання

$a = 21 \cdot t = 25 \cdot 12,7 = 270мм = 0,27м$

2. Натяжіння від центобіжних сил при швидкості ланцюга $v \le 12 м/с$ не враховується.

3.Колове зусилля $F_t = 314,68H$

4.Сумарне навантаження ведучої вітки:

$F_{\sum ÂÙ} = F_f + F_t \cdot k_1 = 11,8 + 314,68 \cdot 1 \approx 326,5H$

5. Навантаження, що діє на вали

$R \cong (1,15...1,2)F_t = 1,15 \cdot 314,68 = 361,8H$

Перевіряємо ланцюг на запас міцності

$n = \frac{Q_{ðàçð}}{F_{\sum ÂÙ}} = \frac{18200}{326,5} = 55,75$, що більше допустимого $[n] = 7$

Геометричний розрахунок ланцюга

1.Міжосьова відстань а=270мм

2.Кількість зубців зірочки $z_2 = z_1 = 18$

3.Довжина ланцюга, що виражається в кроках

4. $L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 \frac{t}{a} = \frac{2 \cdot 270}{12,7} + \frac{18+18}{2} = 60,5мм$

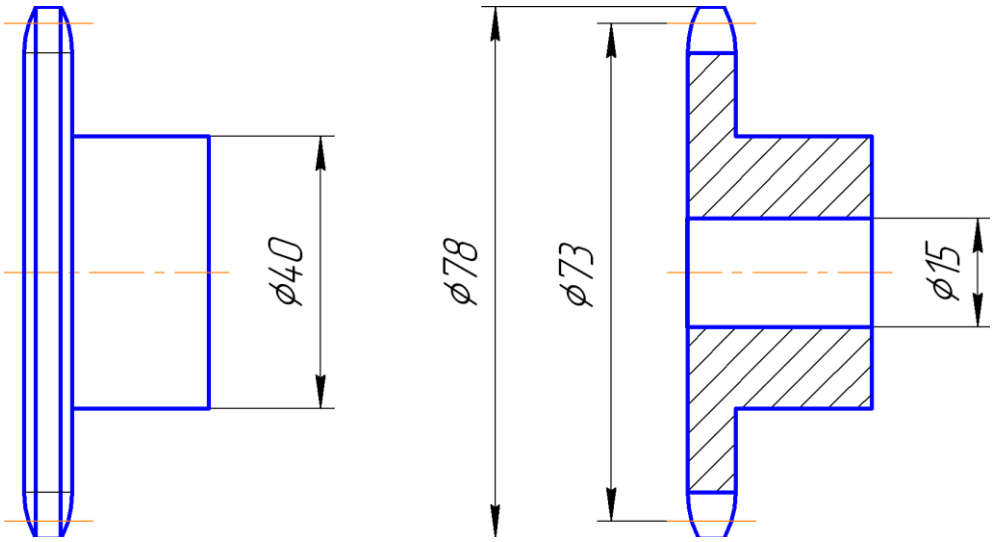


Рис. 4.8 Конструкція зірочка

Використовуючи Компас-Shaft 2D розраховуємо параметри зірочок під даний ланцюг:

Таблиця.4.3

Характеристика ланцюгової передачі

Число зубців		z	18
Сполучаємий ланцюг	Позначення	–	ПР–12,7–1820–2
	Крок	t	12,7
	Діаметр ролика	d	8,51
Профиль зуба по ГОСТ 591–69		–	Без суміщення
Клас точності по ГОСТ 591–69		–	А
Діаметр кола впадин		D_i	64,48384
Допуск на різницю кроків		δ_t	0,025
Радиальне биття кола впадин		E_0	0,08
Торцове биття зубчастого вінця		–	0,08
Діаметр ділильного кола		D_d	73,13639
Сполучаємий ланцюг	Ширина внутрішньої пластини	h	11,8
	Відстань між внутрішніми пластинами	B_{BH}	7,75

4.6 Підбір підшипників для вала гвинта подачі заготовок.

Конструктивно для заданого вала $d=55мм$ приймаємо двухрядні радіально сферичні підшипники(самоустановлювальні) легкої серії, оскільки вага заготовки досить не велика, вважаєм, що вантажопід'ємність цілком відповідає даній марці підшипника.

Характеристики підшипника 1202 ГОСТ 28428-90:

$d=15мм$ $D=35мм$ $B=11мм$

динамічна вантажопідйомність C = 7,5 кН;

статична вантажопідйомність $C_0 = 2,28$ кН

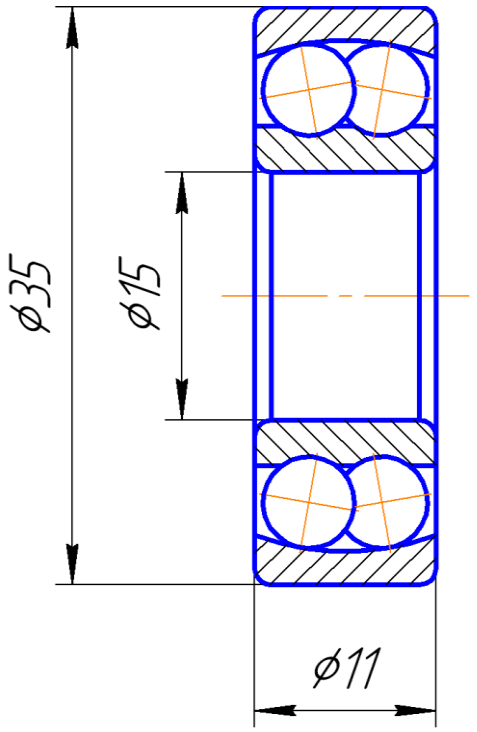


Рис. 4.9 Конструкція підшипника

4.7 Тяговий розрахунок формуючого конвеєра.

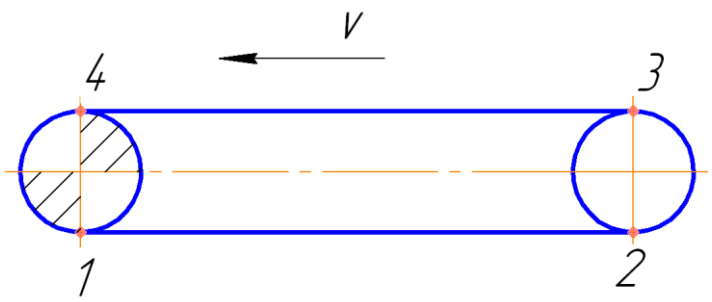


Рис. 4.10 Схема конвеєра

1. Визначення натягу стрічки

$S_1 = S_{зб};$

$S_2 = S_1 + q_{стр} \cdot l = S_1 + 0{,}389 \cdot 0{,}394 = S_{зб} + 0{,}153$

$S_3 = S_2 + K_{бар} = (S_{зб} + 0{,}153) \cdot 1{,}06 = 1{,}06S_{зб} + 0{,}162$

$S_4 = S_3 + (q_{стр} + q_в) \cdot l = S_{нб} = 1{,}06S_{зб} + 0{,}162 + (0{,}389 + 0{,}171) \cdot 0{,}394$
$= 1{,}06S_{зб} + 0{,}38$

$S_{нб} = e^{\mu\alpha} S_{зб}$

$\mu = 0{,}3;$ - коефіцієнт тертя $\alpha = 4{,}19;$

$K_{бар}$ - коефіцієнт опору руху стрічки при огинанні барабану

$q_в$ - погонне навантаження від вантажу

$q_{стр}$ - погонне навантаження від стрічки

Маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} S_{нб} = e^{\mu\alpha} S_{зб} \\ S_{нб} = AS_{зб} + B \end{cases}$$

$e^{\mu\alpha} S_{зб} = AS_{зб} + B$

$e^{0{,}3 \cdot 4{,}19} S_{зб} = 1{,}06S_{зб} + 0{,}38$

$3{,}51S_{зб} - 1{,}06S_{зб} = 0{,}38$

$2{,}45S_{зб} = 0{,}38$

$S_{зб} = 0{,}155H$

$S_{нб} = 3{,}51 \cdot 0{,}155 = 0{,}544\text{H}$

Порахуємо натяги стрічки в точках:

$S_1 = 0{,}155\text{H}$

$S_2 = S_{зб} + 0{,}153 = 0{,}155 + 0{,}153 = 0{,}308H$

$S_3 = 1{,}06 \cdot 0{,}155 + 0{,}162 = 0{,}326\text{Н}$

$S_4 = 1{,}06 \cdot 0{,}155 + 0{,}38 = 0{,}544\text{Н}$

Визначення колового і тягового зусиль.

Колове зусилля на приводному барабані визначаємо за формулою:

$W_К = S_{нб} - S_{зб} = 0{,}544\text{-}0{,}155 = 0{,}389(\text{Н})$;

Тягове зусилля визначаємо за формулою:

$F_т = S_{нб} - S_{зб} + K^l(S_{нб} + S_{зб})$,

$F_т = 0{,}389 + 0{,}04 \cdot (0{,}544 + 0{,}155) = 0{,}42(\text{Н})$;

4.8 Підбір натяжного пристрою

Для проектування конвеєра приймаємо гвинтовий натяжний пристрій.

Схема натяжного пристрою:

1-стрічка;

2-барабан;

3-направляюча;

4-бобишка

5-гвинт.

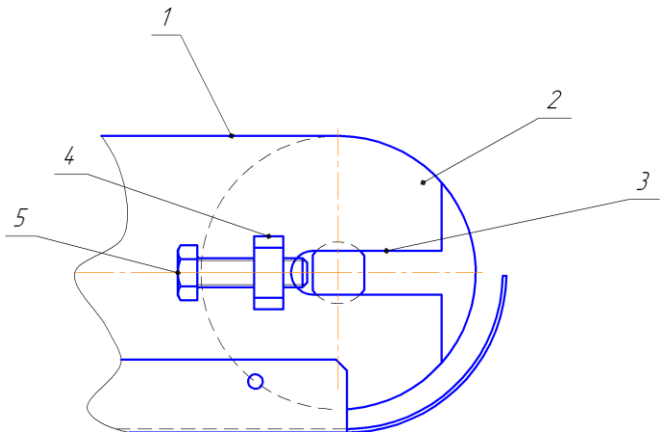


Рис. 4.11 Схема натяжного пристрою конвеєра

Зусилля натягу

$P_i = S_2 + S_3 = 0{,}308\ \text{Н} + 0{,}326H = 0{,}634H$

Розраховуємо гвинт натяжного пристрою:

Знаходимо діаметр гвинта

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot K_{пр} \cdot F}{\pi \cdot [\sigma]_{СТ.Р}}}$$

$K_{пр}$ - коефіцієнт запасу міцності

$[\sigma]_{СТ.Р}$ - допустиме напруження стиску

$$\sigma_{СТ.Р} = \frac{\sigma_{гр}}{n} = \frac{360}{1{,}2} = 300МПа$$

$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}634}{3{,}14 \cdot 300}} = 0{,}05мм$, оскільки при заданих параметрах гвинт витримує мінімальні навантаження, то приймаємо конструктивно d=8 мм ,

Хід гвинта 30 мм.

За ДСТУ обираємо: Болт М8 х 30 ГОСТ 7798-70

4.9 Розрахунок дозатора

Визначення допустимого діаметера.

Визначимо допустимо малий радіус бункера, для безперешкодного (без склепоутворень) переміщення продукції: $R_{доп} = \frac{\tau}{k \cdot g \cdot \rho + 0.5 \cdot a'}$;

де g - прискорення вільного падіння тіла;

$\rho = 540кг/м^3$ - густина продукту (вівсянка);

a' - геометричний розмір максимної частинки;

τ - напруга зсуву частинок;

$k = \frac{1-\sin(\varphi)}{1+\sin(\varphi)}$ - коефіцієн переміщення сипкої продукції (φ - кут природного укосу);

$$R_{доп} = \frac{\tau}{k \cdot g \cdot \rho + 0.5 \cdot a'} = 33.275 мм$$

Отже, мінімальний випускний отвір в бункері приймаємо D≈70мм.

Визначення розмірів стаканчиків дозатора.

Приймемо такі дані по висоті: h_1=20 мм h_2=18мм.;

H=h_1+h_2=20+18=38мм.

Складемо вираз для визначення діаметрів:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}; \qquad S_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4};$$

$$V_1 = S_1 \cdot h_1;\ V_2 = S_2 \cdot h_2;.$$

Оскільки загальний об'єм рівний сумі об'ємів, запишемо:

$$V = S_1 \cdot h_1 + S_2 \cdot h_2;$$

$$d_1 = d_2 - 2$$

Підставивши в рівняння отримаємо:

$$\frac{V}{h} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4};$$

Записавши d_1=d_2-2, та підставимо до :

$$\frac{V}{h} = \frac{\pi}{4}\left(\left(d_2 - 2\right)^2 + d_2^2\right).$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{500}{5.40 \cdot 10^{-7}} = 925925 мм^3;$$

$$\frac{925925}{38} = \frac{\pi}{4}((d_2^2 - 4d_2 + 4 + d_2^2)$$

$$\frac{4 \cdot 24366,45}{\pi} = (2d_2^2 - 4d_2 + 4)$$

$$\frac{2 \cdot 24366,45}{\pi} = (d_2^2 - 2d_2 + 2)$$

$$15512,16 = (d_2^2 - 2d_2 + 2)$$

$$d_2 = \sqrt{15512,16 - 2d_2 + 2}$$

Використовуюче ПО Mathcad 14 розв'яжемо рівняння:

$$d2 = \sqrt{15512.16 - 2d2 + 2}$$

Тоді взявши значення висоти стаканчиків конструктивно для отримання максимальної дози (1000гр.):

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{500}{5.40 \cdot 10^{-7}} = 925925 мм^3;$$

$$h = 38 мм;$$

$$d_2 = 124 мм$$

$$d_1 = d_2 - 2 = 122 мм;$$

Таким чином розміри мірного стаканчика d=122мм, H=38мм.

4.10. Технологічний маршрут складання ролика

У межах магістерської роботи як об'єкт машинобудівного аналізу обрано вузол підтримувального ролика транспортно-формувального механізму, що входить до складу машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки. Даний вузол виконує функції підтримання, стабілізації та плавного переміщення картонних пачок під час їх формування, транспортування та подальшого заповнення продуктом.

Підтримувальний ролик забезпечує напрямне та опорне переміщення заготовок, запобігає їх перекосу та зміщенню під дією динамічних навантажень, а також сприяє точному позиціюванню у зонах закривання клапанів, дозування та заклеювання. Обертання ролика відбувається за рахунок встановленого вала

та двох підшипників кочення, що забезпечують низький рівень тертя та стабільність руху навіть на високих швидкостях.

Конструктивна роль вузла полягає у забезпеченні стійкості геометрії сформованої пачки, підтриманні її взаємодії з транспортною системою машини та підвищенні надійності роботи всього пакувального обладнання при продуктивності 180 пачок за хвилину.

Таким чином, вузол підтримувального ролика є важливим елементом високошвидкісної пакувальної машини.

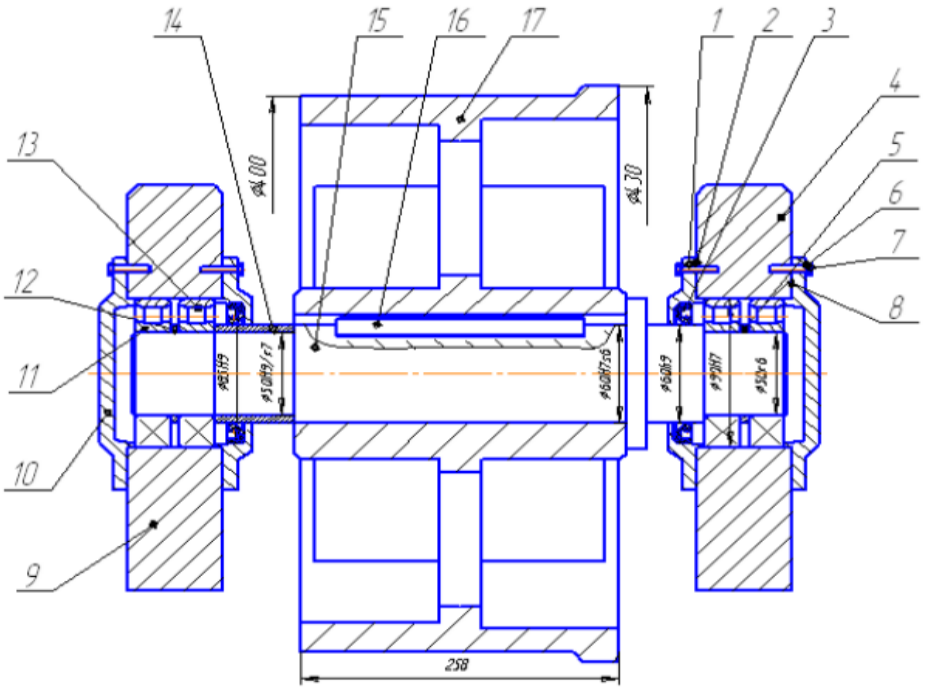


Рис.4.12 Підтримуючий ролик

Таблиця 4.3

Подетальний склад підтримуючого ролика

Номер позиції деталі	**Назва деталі**	**Кількість деталей**
1	Кришка підшипника	2
3	Прокладка	4

2	Манжета 60×10 ГОСТ 8752-79	2
11,13	Підшипник 2210 ГОСТ 8328-75	4
4,9	Корпус підшипника	2
14	Втулка розпірна	2
5,12	Втулка розпірна	1
15	Вал	1
16	Шпонка 17×22×70	1
6	Шайба 12	16
7	Болт М 10×38	16

З огляду на складальне креслення і виконаний технологічний аналіз конструкції можна виявити складальні одиниці 1-го порядку. Це вал 15 зі шпонкою 16 та надітим на нього роликом; вузол корпуса підшипника правий у скалді з кришкою підшипника 1, прокладка 2, манжета 3, підшипник 13, корпус підшипника 4, втулка розпірна 5, підшипник 11, прокладка 8, кришка підшипника 10, шайба 6, болт прижимний 7.

Із розглянутих складальних одиниць базовою є перша складальна одиниця (вал у зборі зі шпонкою). Решта складальних деталей – прокладки 12, шайби 6 і болти 7 – призначені для з’єднання складальних одиниць і беруть участь у загальному складанні об’єкта . У кожній складальній одиниці є базова деталь: Ск.1 – вал, Ск.2 – корпус підшипника правий, Ск.3 – корпус підшипника лівий.

Таблиця 4.4

Технологічний маршрут складання ролика

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Складання валу (Ск. 1)	10.1 Установити вал на верстаті 10.2 Очистити пази валу від стружки 10.3 Встановити втулку розпору на вал 10.4 Запрессовать шпонку в паз вала 10.5 Закріпити ролик
20. Складання корпусу підшипника (правий) (Ск.2)	20.1 Установити кришку на вал 20.2 Очистити отвори від стружки 20.3 Встановити манжета 1.1-64х78 20.4 Встановити прокладку 20.5 Закріпити підшипник 2210 в корпус 20.6 Встановити розпірну втулку 20.7 Встановити підшипник 2210 20.8 Встановити прокладку 20.(9 -11) Закріпити кришку підшипника, встановити шайбу та прижимний гвинт 20.12 Закріпити складальний вузол «Корпус підшипника правий Ск . 2» на « Вал Ск. 1»
30. Складання корпусу підшипника лівий (Ск. 3)	30.1 Встановити розпірну втулку на вал 30.2 Установити кришку підшипника на вал 30.(3-4) Встановити прокладку та манжета 1.1-64х78 30.(5-6) Встановити підшипник 2210 та закріпити корпус підшипника 30.7 Встановити розпірну втулку на вал 30.(8-9) Встановити підшипник 2210 та прокладку

	30.(10-12) Закріпити кришку підшипника, встановити шайбу та прижимний гвинт 30.13 Закріпити складальний вузол «Корпус підшипника лівий Ск . 3» на « Вал Ск. 1»
40. Контрольна	40.1. Проконтролювати роботу ролика при максимальних обертах барабана
50. Консервація	50.1. Нанести захисне покриття

РОЗДІЛ 5
ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕТИКЕТУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ KHS RF 25-25/120-12

Автоматизоване управління модернізованою машиною для пакування сипкої продукції в картонні пачки продуктивністю 180 пачок за хвилину передбачає комплекс технічних рішень, спрямованих на забезпечення високої продуктивності, точності, надійності та стабільності технологічного процесу. На відміну від традиційних схем, удосконалена машина побудована як інтегрований комплекс із декількох взаємопов'язаних автоматизованих модулів, функціонування яких координується системою керування.

5.1. Загальні положення автоматизованого управління

Автоматизація процесу формування, дозування та заклеювання картонної тари базується на таких ключових принципах:

- синхронізація руху всіх механ**ізмів** для досягнення стабільного такту 180 пачок/хв;
- зворотний зв'язок від датчиків, що забезпечує контроль положення заготовки, наявності пачок, рівня заповнення та стану вузлів;
- адаптивність обладнання до різних типорозмірів картонних пачок;
- енергоефективніст**ь**, досягнута завдяки використанню частотного перетворювача та оптимізації рухів виконавчих механізмів;
- високий рівень безпеки, забезпечений огородженнями з полікарбонату та системою блокувань доступу.

До складу автоматизованої системи входять: механізм виділення заготовок на базі шнекового гвинта змінного кроку, формувальний вузол, універсальний модуль настроювання геометрії пачки, стаканчиковий дозатор, система гарячого заклеювання та комплекс засобів контролю й безпеки. Координація роботи всіх вузлів здійснюється через операторський пульт, що встановлений на шафі керування (рис.1).

Рис.1 Операторский пульт керування

Служить для:

- візуалізації технологічного процесу;
- вибору швидкостей та продуктивності;
- зміни типорозміру пачок (регламентованих параметрів);
- запуску автоматичних циклів;
- отримання повідомлень про несправності;
- збереження та завантаження рецептів.

1. Кнопки керування

- «СТАРТ» – запуск робочого циклу;
- «СТОП» – штатне зупинення машини;
- «EMERGENCY STOP» – аварійне відключення у всіх режимах.

2. Перемикач режимів

- Ручний – дає змогу запускати кожен привід окремо;
- Налагодження – використовується при регулюванні механізмів;
- Автоматичний – повністю автоматичний цикл.

3. Система індикації

- «Мережа підключена»

- «Робочий режим активний»
- «Аварія / помилка»

Таблиця 5.1

Основні елементи системи автоматизації машинного комплексу

№	Елемент	Тип / марка	Функціональне призначення	Місце встановлення
1	Частотний перетворювач	Danfoss / Siemens / ін.	Регулювання швидкості приводів гвинтів та конвеєрів	Шафа керування
2	ПЛК (контролер)	Siemens S7-1200 або ОВЕН ПЛК	Керування всіма вузлами, логіка роботи, діагностика	Шафа керування
3	Панель оператора (HMI)	Weintek / Siemens Comfort Panel	Інтерфейс оператора, налаштування режимів, індикація аварій	На дверях шафи
4	Датчик наявності заготовки	Оптичний / індуктивний	Контроль наявності пачки в механізмі виділення	Механізм подачі
5	Датчик відкриття огородження	Reed-датчик або кінцевий	Аварійне відключення при відкриванні захисного кожуха	На кожній секції огорожі
6	Серводвигун гвинтів	0.25–0.37 кВт	Привод шнекового механізму	Вузол виділення
7	Пневмоциліндри фіксації	QN-series (короткоходові)	Блокування пачки у разі відсутності подачі	Операторська зона формування
8	Фотоелектричний датчик	Banner / Omron	Фіксація положення заготовки перед формуванням	Стрічкові конвеєри
9	Термоклейові пістолети	Nordson / Robatech	Нанесення гарячого клею на клапани	Вузли формування дна та верху
10	Пресувальні ролики	Механічні	Притискання клапанів після нанесення клею	Дільниця закривання
11	Датчик рівня продукту	Ємнісний	Контроль заповненості дозатора	Вузол дозування
12	Стаканчиковий дозатор	Пневмопривідний	Дозування сипкого продукту	Зона наповнення
13	Аварійні кнопки STOP	Кнопки NC	Миттєве відключення всієї машини	По периметру установки
14	Прозорі огородження	Lexan	Захист персоналу, видимість процесу	Верхні та бокові секції машини

5.2. Принципи функціонування автоматизованих модулів

Управління механізмом подачі ґрунтується на синхронній роботі двох шнекових гвинтів зі змінним кроком. Частотний перетворювач забезпечує плавний пуск та стабільне обертання гвинтів, що дозволяє уникнути ривків, перекосів та подвійного захоплення заготовок.

Датчик контролю наявності заготовки генерує сигнал про подачу в зону формування або про зупинку подачі у випадку спорожнення магазину.

Після подачі заготовка поступає у стрічковий формувальний вузол, де два конвеєри з підвищеним тертям поступово розгортають її у тривимірну форму. Усі операції контролюються датчиками положення, які гарантують коректний перехід заготовки між етапами.

У зоні подальшої подачі пачка утримується напрямними. Якщо датчик фіксує відсутність нової заготовки, пневмоциліндр автоматично блокує рух пачки, запобігаючи порушенню ритму лінії.

Формування дна включає три автоматизовані операції:

1. Механічне підгинання клапанів на спеціальних копірах.
2. Нанесення гарячого клею термопістолетами з автоматичним регулюванням температури та витрати клею.
3. Притискання та стабілізація форми у напрямних та фіксаторах.

Система керування контролює температуру клею, час відкриття сопел, інтервал нанесення та довжину клеєвої доріжки.

Принцип автоматизованого дозування сипкого продукту. Стаканчиковий дозатор працює в циклічному режимі, синхронізуючись із подачею пачок. Об’єм дозатора може регулюватися автоматично або вручну. Датчики положення пачки забезпечують блокування дозування при неправильному позиціонуванні.

Перевагою дозатора є висока повторюваність дози, що досягається за рахунок пневматичного або механічного приводу, який керується контролером.

Принцип автоматизованого заклеювання та закривання верхніх клапанів. Після дозування пачка надходить до вузла закривання, де автоматично виконуються:

- підгинання коротких клапанів;
- нанесення клею трьома термопістолетами (один – по довгій стороні, два – по коротких);
- загортання та пресування клапанів.

Система автоматично контролює температуру, витрату клею та синхронізацію роботи сопел з рухом пачки.

Принцип автоматизованого виведення продукції**.** Пачка переміщується напрямною до зони виходу, де здійснюється остаточне формування шва та стабілізація геометрії. Після цього готовий виріб передається на вихідний конвеєр.

У разі аварійної ситуації будь-який датчик безпеки активує аварійне блокування приводу.

5.3. Принципи безпеки та діагностики

Система автоматизації має комплекс захисних функцій:

- блокування роботи при відкритті прозорих огороджень;
- візуальна індикація всіх станів машини;
- автоматичне відключення термопістолетів при простої;
- захист від перевантаження приводів;
- система самодіагностики із відображенням помилок на пульті.

Пульт керування дозволяє оператору контролювати всі етапи процесу, регулювати режими роботи, змінювати типорозмір пачки та оперативно реагувати на повідомлення системи.

РОЗДІЛ 6

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

6.1 Заходи з охорони праці

У процесі експлуатації модернізованої машини для пакування сипких харчових продуктів обслуговуючий персонал зазнає впливу низки шкідливих і небезпечних виробничих чинників, які виникають як унаслідок роботи механізмів машини, так і через особливості технологічного процесу. До шкідливих факторів належать підвищені рівні шуму й вібрації, що виникають під час роботи електродвигунів, пневмоциліндрів, руху дозатора та вібраційних вузлів. Додатковим фактором є запиленість повітря, властива роботі з сипкими харчовими матеріалами, що може призводити до перевищення гранично допустимих концентрацій пилу. На робочих місцях можуть спостерігатися локальні підвищення температури внаслідок роботи блока гарячого заклеювання, а також нерівномірність освітлення окремих зон обслуговування. До небезпечних факторів належать електронебезпека, зумовлена можливим пошкодженням проводки чи коротким замиканням, ризики опіків від нагрітих поверхонь термоклеєвих пістолетів, а також небезпека травмування рухомими механізмами — конвеєрами, шнеками та штоками пневмоциліндрів.

Гігієнічні умови праці регламентуються нормами ГОСТ 12.1.005-88, які визначають припустимі параметри мікроклімату робочої зони. Для оператора машини, що виконує роботи категорії IIа, допускається температура повітря в межах від 17 до 23 °C у холодний період року та від 18 до 27 °C у теплий, при відносній вологості не більше 75 %. Запиленість повітря в умовах обробки сипких продуктів повинна контролюватися відповідно до гранично допустимої концентрації, яка становить 6 мг/м³. Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату в цеху повинна функціонувати приточно-витяжна вентиляція, виконана згідно з вимогами ДБН щодо промислових приміщень.

Наявність такої вентиляції забезпечує не лише відведення пилу, а й зменшення теплових навантажень на робітників.

Важливим фактором впливу на персонал є шум. Його рівень у фасувально-пакувальному обладнанні формується роботою двигунів, пневмоелементів і механічних вузлів, а також характерним звуком переміщення та закривання стаканчикових дозаторів. Допустимим вважається рівень шуму до 75 дБ, що відповідає нормам ГОСТ 12.1.003-83. За необхідності рівень шуму знижують за рахунок конструктивної ізоляції венткамер, встановлення гнучких шумопоглинаючих вставок, використання амортизаторів та своєчасного технічного обслуговування машин. У разі роботи обладнання з підвищеним шумовим фоном рекомендується застосовувати індивідуальні засоби захисту органів слуху.

Вібраційний вплив, що супроводжує роботу частини механізмів, регламентується нормами ГОСТ 12.1.012-90. Вібрації можуть негативно впливати на самопочуття працівників, спричиняти передчасну втому та погіршення точності виконання операцій. Зменшення рівня вібрацій досягається шляхом застосування вібродемпфувальних матеріалів, використанням платформ із пружними елементами, а також балансуванням рухомих частин машини. У конструкції передбачено встановлення машини на окрему платформу та використання підпружинених вузлів, що мінімізує небажані коливання.

Освітлення робочих зон має забезпечуватися згідно з нормами ДБН В.2.5-28-2006, що передбачають освітленість не нижче 500 лк для обладнання, де виконуються точні операції контролю й налаштування. У приміщенні передбачено штучне загальне освітлення, доповнене аварійними світильниками, які включаються автоматично при зникненні робочої напруги. Для ремонтних робіт застосовується локальне освітлення напругою 36 В, що відповідає вимогам електробезпеки. Забороняється розміщення світильників у зонах можливого контакту з гідроживленням або над запобіжними клапанами.

Під час експлуатації обладнання виконуються **вимоги техніки безпеки**: ремонт, регулювання та технічне обслуговування автомату виконуються виключно при вимкненій напрузі та скинутому тиску в пневмосистемі. Роботи

проводять фахівці, які мають групу електробезпеки не нижче III. На головному вимикачі обов’язково встановлюється попереджувальна табличка «НЕ ВМИКАТИ! РЕМОНТНІ РОБОТИ». Усі проходи залишаються вільними, забороняється виконання будь-яких маніпуляцій з плоскоскладеними заготовками чи сформованими пачками під час руху механізмів.

Після завершення зміни виконується повне відключення обладнання від електромережі, перекривається подача стисненого повітря, проводиться очищення вузлів від пилу та зовнішній огляд машини на предмет пошкоджень або зношення деталей.

Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні організовується повноцінна приточно-витяжна вентиляція згідно з ДБН та ГОСТ 12.1.005–88. Система забезпечує стабільний повітрообмін, відведення пилу, надлишкового тепла та локальних концентрацій забруднювальних домішок. Усі вентиляційні агрегати розміщуються у венткамерах із шумопоглинальними перегородками; передбачаються гнучкі з’єднувальні вставки, плавний підвід повітря до вентиляторів та встановлення амортизаторів, що запобігають поширенню вібрації конструкціями будівлі.

У сфері охорони довкілля організовується система збору та утилізації пилових відходів, обрізків картону та полімерних матеріалів. Картонні відходи передаються на переробку, полімери — на утилізацію відповідно до чинних екологічних норм. Пил, що утворюється під час роботи обладнання, відводиться через систему вентиляції з фільтрацією повітря. Усі заходи спрямовуються на запобігання поширенню забруднень у повітря робочої зони та зменшення впливу підприємства на навколишнє середовище.

6.2. Техніка безпеки

Для безпечної експлуатації автомату повинні виконуватись вимоги:

1. до роботи з машиною допускаються робітники, які ознайомилися з вказівками по експлуатації і які проінструктовані по охороні праці з відповідними положеннями;

2. при експлуатації та обслуговуванні автомату необхідно керуватися правилами та інструкціями з техніки безпеки, діючими на підприємствах;
3. технічний стан автомату гарантує його безпечну роботу та відповідає правилам обслуговування, викладеним у відповідній інструкції;
4. всі операції по технічному обслуговуванню, регулюванню автомата проводяться при вимкнених електродвигунах та відсутності тиску в пневмосистемі;
5. Перед початком роботи необхідно впевнитися в надійності заземлення машини, відсутності зайвих елементів на конвеєрах, надійності підлючення електричної і повітряної мережі;
6. Перед початком роботи необхідно перевірити положення конвеєрних стрічок, вони не повинні виходити за межі валів, регулювання виробляти відповідно до додатка;
7. не допускається експлуатація мащини з відкритими дверцятами пульту управління, знятими кришками електрообладнання, оголеними струмопровідними елементами;
8. для аварійної зупинки програми на пульті керування знаходиться аварійна кнопка «Стоп»;
9. до ремонту машини допускаються особи, які мають групу по електробезпеці не нижче III.
10. на робочому місці оператора вивішена інструкція з техніки безпеки;
11. прибирання, чищення, ремонт виконувати лише при вимкненому вхідному автоматі електричної напруги;
12. забороняється поправляти плоско складенні заготовки, сформовані пачки під час роботи механізмів.

6.3.Технічне обслуговування машини

Щодня, перед повторним використанням машини, перевірити надійність підключення електроживлення, правильність заземлення машини. Переконатися у відсутності сторонніх предметів на машині.

Перевірити стан затягування болтових з'єднань, особливо таких вузлів, як вентилятор, приводні барабани конвеєрів. Включити машину на холостому ходу і прослухати роботу підшипників конвеєра пнемо циліндра, електродвигунів, приводних барабанів конвеєрів. При цьому не повинно бути чутно стукоту, скреготу, свисту підшипників. Мастило підшипників (відкритого типу-за наявності) проводити не рідше 1-го разу на місяць мастилом ЦИАТИМ-201 (Солідол С).

Перевірити стан стрічок конвеєрів, їхнє становище і натяг. Перевірити хід конвеєрної сітки.

Перевірити стан приводних редукторів (наявність рівня масла, відсутність люфтів в черв'ячній парі, підтікання мастила з редуктора через ущільнення).

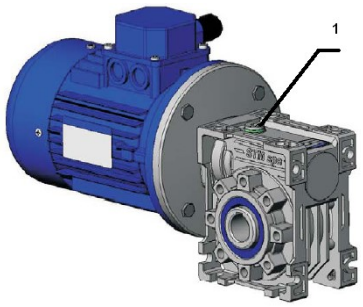


Рис. 6.1 Мотор-редуктор

Редуктора типу UMI і RMI фірми STM REDUTORI поставляються заповненими синтетичним маслом SHELL Tivela oil SC, з в'язкістю 320 мм2 / с. Ці редуктори заправлені мастилом на весь термін служби, тому що синтетична основа масла(пропіленгліколь) є дуже стабільною і практично не старіє.

Мастило для редукторів може бути на мінеральній або синтетичній основі. Синтетичне мастило більш дороге, ніж мінеральне, але гарантує найвищу ефективність роботи, довший термін експлуатації і кращий коефіцієнт в'язкості увеликому діапазоні робочих температур. Також синтетичні протизади рні добавки не агресивні по відношенню до бронзи і ущільненнями.

Редуктор не вимагає особливого технічного обслуговування, тому що він заправлений необхідною кількістю синтетичного масла SHELL Tivela oil SC. При використанні ж мінерального мастила, після 500-1000 годин роботи мастило необхідно замінити, попередньо промивши редуктор. Не допускайте змішування синтетичного та мінерального мастила, при переході на інший тип мастила ретельно промивайте редуктор.

Табл.6.1

Задовільнені для заміни мастила, представлені в таблиці:

ISO VG		Вязкость, мм^2/с						
		Мінеральне мастило			Синтетичне мастило			
		460	320	220	460	320	220	150
Навколишнє середовище Tc(°C)		5°….45°	0°…40°	-5°…35°	-10°..100°	-15°..90°	-25°..80°	-30°..70°
Марка мастила	ARAL	Degol BG 460	Degol BG320	Degol BG220	Degol BG460	Degol BG320	Degol BG220	
	BP	Energol GRXP 460	Energol GRXP 320	Energol GRXP 220	Energol GRXP 460	Energol GRXP 320	Energol GRXP 220	Energol GRXP 150
	ESSO	Spartan EP 460	Spartan EP 320	Spartan EP 220				
	IP	Mellana OIL 460	Mellana OIL 320	Mellana OIL 220		IPTelium VSF OIL 320		IPTelium VSF OIL 150
	KLUBER	Lamora 460	Lamora 320	Lamora 220	Suntheso D460EP	Suntheso D320EP	Suntheso D220EP	Suntheso D150EP
	MOBIL	Mobilgear 634	Mobilgear 632	Mobilgear 630	Glyqoule 80SHC 634		Glyqoule 80SHC 630	
	SHELL	Omala OIL 460	Omala OIL 320	Omala OIL 220	Tivela OIL SD		Tivela OIL WB	

	TEXACO	Meropa 460	Meropa 320	Meropa 220	Synlube CLP 460	Synlube CLP 320	Synlube CLP 220	
	CASTROL	Alpha SP 460	Alpha SP 320	Alpha SP 220	Alpha Synt 460		Alpha Synt 220	Alpha Synt 150

У таблиці нижче представлені інтервали, згідно з якими повинна проводитися заміна мастила.

Табл. 6.2

Інтервал між зміною (годин)		
Температура мастила	Мінеральне мастило	Синтетичне мастило
<60ºC	4000	Не обмежено
60-90ºC	2500	10000
>90°C	—	5500

У наступній таблиці наведено необхідну кількість мастила в редукторі:

Табл.6.3

RMI	28	40	50	63	70	85	110	130	150	180
Кількість,кг	0,045	0,100	0,190	0,365	0,500	1,000	2,600	4,100	6,000	11,000

Монтажне положення не впливає на кількість мастила в редукторах UMI до UMI 90 (рис6.2)

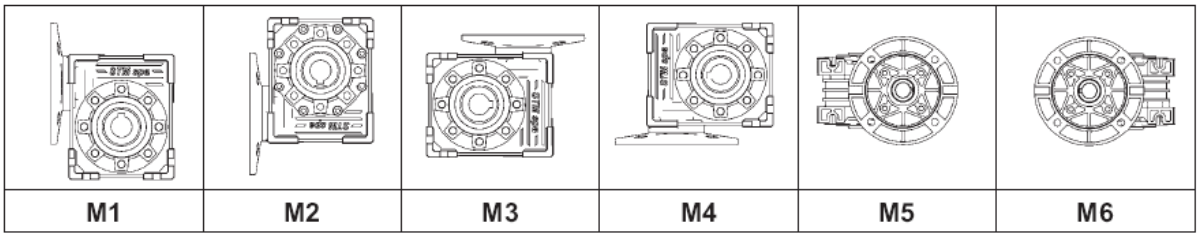


Рис. 6.2 Монтажні положення редукторів типу UMI

6.4. Поточний ремонт машини

Поточний ремонт машини здійснювати відповідно до графіка ППР, але не рідше ніж один раз на місяць. Незалежно від мали або не мали місце відмови у процесі експлуатації машини, при виконанні поточного ремонту виконати наступні роботи.

1. Перевірити рівень мастила в редукторах. При необхідності долити. Підтягнути болти кріплення кришок.

2. Перевірити зажімку всіх болтових з'єднань машини. При необхідності підтягнути, гвинти, заклепки встановити.

3. Прослухати роботу всіх електродвигунів, підшипників електродвигунів. При виявленні стукоту, скреготу - замінити новими.

4. Перевірити стан електропроводки. Почистити контакти пускачів і автоматів, підтягнути затискачі проводів на клемних коробках, очистити від пилу панелі електрошафи, по можливості пропилососити.

5. Перевірити стан заземлення машини.

Табл.6.4

Імовірні несправності та методи їх усунення

№	Можливі несправності	Причини виникнення	Методи усунення
1.	Заклинювання або Руйнування підшипників електродвигунів	• Відсутність мастила. • Попадання вологи.	• Замінити підшипники на нові.
2.	Текти масла з редуктора	• Руйнування (механічне пошкодження) ущільнювальних сальників. • Ослаблення болтів кріплення фланців редуктора	• Замінити сальники на нові. • Підтягти болти кріплення фланців.

РОЗДІЛ 7
МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Сегмент виробництва сипучих харчових продуктів (крупи, цукор, борошно, зернові суміші) продовжує активно розвиватися та демонструє стабільний попит. На фоні посилення конкуренції, зростання витрат на логістику та збільшення ролі бренду, питання вибору пакувальної технології та оптимізації витрат стає ключовим чинником рентабельності підприємств.

Проєкт удосконалення машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки продуктивністю 180 пачок/хвилину має як технологічні, так і економічні переваги. Для обґрунтування доцільності впровадження модернізованої машини розглянемо три важливі складові маркетингової ефективності: вартість упаковки**,** якість та сприйняття продукту**,** витрати групового пакування і логістики**.**

7.1. Аналіз економічних переваг упаковки «картонна пачка без внутрішнього пакета»

У класичній схемі пакування продукт фасується в полімерний пакет (ПВХ, РЕ, ПЕТ тощо), який потім вкладається у картонну пачку. Така схема виконує подвійну функцію — бар’єрного захисту та створення маркетингового зовнішнього вигляду.

Проте для сипучих продуктів типу круп, борошна або цукру, що не потребують високобар’єрного середовища, наявність внутрішнього пакета є економічно невиправданою.

Упаковка може формуватися безпосередньо з картонної пачки, без проміжного полімерного шару.

Переваги такого рішення:

1. Суттєве зниження собівартості матеріалів**.** Вартість полімерної плівки значно перевищує вартість використання лише картонної заготовки.

2. Відсутність витрат на внутрішній друк. У випадку «пакет у пачці» часто виконують друк на внутрішньому пакеті. Відмова від пакету зменшує витрати на поліграфію та попередню обробку полімерів (коронування, праймування).

3. Оптимізація екологічної складової**.** Картонна пачка є повністю переробним матеріалом, що покращує екологічний імідж виробника.

7.2. Аналіз економічних переваг упаковки «картонна пачка з внутрішнім пакетом»

Однією з найпоширеніших конструкцій споживчої упаковки для сипучих харчових продуктів є комбінована система «картонна пачка з внутрішнім пакетом». У такій конфігурації картонна пачка виконує функції зовнішнього захисту, стабілізації форми, зручності транспортування та нанесення поліграфічного оформлення, тоді як внутрішній пакет забезпечує бар'єрні властивості, запобігає висипанню продукту й ізолює продукт від контакту з навколишнім середовищем.

З економічного погляду така схема має низку переваг, які традиційно робили її популярною в харчовій промисловості. Найважливішою є універсальність внутрішнього пакета, що дозволяє використовувати порівняно дешеві плівкові матеріали для групового пакування різних продуктів — від круп і борошна до чаїв і сухих сумішей. Комбінація пакета і картону дозволяє зменшити вимоги до самої картонної заготовки, оскільки частину захисних функцій бере на себе полімерний пакет. Це дає можливість використовувати картон меншої щільності або нижчої вартості, зберігаючи водночас достатній захист продукту.

Внутрішній пакет також забезпечує додаткову безпеку продукту, що є важливим фактором у сегментах, де споживачі очікують підвищеної герметичності та чистоти. Хоча для сипучих продуктів типу рису, гречки чи цукру бар'єрні вимоги не надто високі, частина виробників усе ж використовує внутрішні пакети як маркетинговий інструмент — додаткову «подвійну» упаковку, яка створює відчуття кращого захисту і підвищеної якості. Таке

рішення часто використовується у преміальних сегментах або для продукції, яка може втрачати товарний вигляд у разі контакту з вологою.

Другою важливою економічною перевагою є можливість оптимізації поліграфічних витрат, оскільки у варіанті «пакет у пачці» друк здійснюється переважно лише на картоні. Внутрішній пакет може бути виготовлений із прозорої або напівпрозорої плівки без нанесення фарб, що зменшує собівартість. Поліграфічне оформлення картону є значно дешевшим, ніж друк на полімерних матеріалах, які потребують спеціальної поверхневої обробки (коронування, праймування) та застосування дорогих фарб. Таким чином, одна частина вартості упаковки (фольгований або металізований пакет) значно здешевлюється за рахунок переходу до простішого внутрішнього пакета, а зовнішня презентаційна функція виконується картоном.

Загалом система «картонна пачка з внутрішнім пакетом» дозволяє досягти балансу між захистом продукту, сприйняттям споживачем та економічною ефективністю, проте рівень такої ефективності залежить від типу продукту. Для чайної продукції, кави або дрібнодисперсних сумішей внутрішній пакет часто є необхідним. Для більшості сипучих продуктів харчування, що не потребують бар'єрних умов, така система може виявитися економічно надмірною.

Саме тому на етапі аналізу технологічного процесу та маркетингових вимог виробник повинен оцінити, чи є внутрішній пакет реальним економічним або технічним обґрунтуванням, чи він є лише традиційною схемою, яка не приносить доданої цінності. У випадку фасування зернових, борошняних і цукрових продуктів виробництво часто може бути здійснене без внутрішнього пакета, що дозволяє отримати додаткові економічні вигоди, але лише за умови збереження безпечності, герметичності та товарного вигляду упаковки.

ВИСНОВКИ

У межах магістерської роботи удосконалено конструкцію машини для пакування сипкої продукції у картонні пачки, яка повністю відповідає заданим технічним вимогам та забезпечує продуктивність 180 пачок за хвилину:

1. Запропоновано нову конструкцію механізму виділення заготовок на основі шнекового гвинта змінного кроку. Така конструкція забезпечує стабільне подавання заготовок, виключає подвійний захват і формує необхідний інтервал між заготовками для подальших операцій.
2. Розроблено формуючий вузол на базі стрічкових конвеєрів із підвищеним коефіцієнтом тертя, який гарантує якісне розгортання плоско складеної заготовки та стабільне формування тривимірної картонної пачки. Встановлено, що така система забезпечує коректне фіксування пачки та виключає її деформацію.
3. Обґрунтовано конструкцію магазину плоско складених заготовок, визначено раціональні параметри рухомих і притискних елементів магазину, що забезпечують безперебійне подавання заготовок.
4. Проведено кінематичні і режимні розрахунки формуючого механізму, зокрема визначено швидкість руху конвеєрної стрічки, час формування пачки та лінійні маси. На основі розрахунків обрано тип стрічки з каталогу, яка відповідає вимогам щодо тертя, міцності й температурних режимів.
5. Сформована конструкція завершального формування картонної пачки: визначено роботу направляючих елементів та обертових механізмів, що здійснюють точне згинання і фіксацію клапанів.

Удосконалена машина для пакування сипкої продукції у картонні пачки, яка повністю відповідає заданим технічним вимогам та забезпечує продуктивність 180 пачок за хвилину має високий потенціал для практичного впровадження в сучасні пакувальні лінії харчової промисловості, підвищуючи їх продуктивність, надійність і якість готової продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антошкин В. М. Обладнання підприємств бродильних виробництв : навч. посіб. — Київ : НУХТ, 2018. — 420 с.
2. Кравченко В. С. Процеси та апарати харчових виробництв : підручник. — Київ : Кондор, 2016. — 512 с.
3. Кулік М. С., Лещенко В. В. Технологічне обладнання харчових виробництв : підручник. — Львів : Львівська політехніка, 2020. — 368 с.
4. Машини та обладнання харчової промисловості. Терміни та визначення (ДСТУ 3135.0-95). — Київ : Держстандарт України, 1995. — 48 с.
5. Обладнання пакувальне. Частина 1 (ДСТУ EN 415-1:2014). — Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. — 62 с.
6. Цюрупа Г. М. Автоматизація виробничих процесів харчових підприємств : навч. посіб. — Київ : ЦУЛ, 2017. — 264 с.
7. Гулін В. І. Процеси та апарати харчових виробництв : навч. посіб. — Київ : НУХТ, 2020. — 310 с.
8. Кудряшов В. Г. Обладнання для фасування та пакування харчових продуктів : навч. посіб. — Харків : ХНТУСГ, 2017. — 292 с.
9. Левченко А. С. Пакування та тара в харчовій промисловості : навч. посіб. — Харків : ХНТУСГ, 2017. — 284 с.
10. Панасюк А. І. Теорія та практика пакування продукції : навч. посіб. — Київ : Кондор, 2018. — 256 с.
11. Мельник Т. М. Маркування харчової продукції: сучасні вимоги // Харчова промисловість. — 2022. — № 3. — С. 12–20.
12. Паламарчук В. П. Автоматизовані системи керування в харчовій промисловості : навч. посіб. — Київ : Кондор, 2018. — 208 с.
13. Старченко О. А. Машини пакувальні : навч. посіб. — Харків : ХНАМГ, 2016. — 344 с.
14. Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості : підручник / за ред. М. І. Погожих. — Київ : НУХТ, 2015. — 528 с.

15. Аналітичний звіт Асоціації виробників харчової продукції України за 2024 рік. — Київ : АВХП, 2025. — 42 с.
16. KHS GmbH. Roll-Fed Labelling Machines: Technical Documentation RF Series. — Dortmund : KHS, 2020. — 72 p.
17. Peters H. Beer Production and Quality. — Cambridge : Woodhead Publishing, 2018. — 392 p.
18. Bamforth C. Beer: Tap into the Art and Science of Brewing. — Oxford : Oxford University Press, 2019. — 320 p.
19. Briggs D. Brewing Science and Practice. — Boca Raton : CRC Press, 2018. — 850 p.
20. Soroka W. Fundamentals of Packaging Technology. — Chicago : IoPP, 2021. — 680 p.
21. Yam K. L. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. — Hoboken : Wiley, 2017. — 1280 p.
22. Borrell A. Industrial Cutting of Film Materials. — London : Springer, 2020. — 218 p.
23. Smith R. Automation in Food Processing. — Amsterdam : Elsevier, 2021. — 450 p.
24. Ceres R. Fundamentals of Industrial Automation. — New York : McGraw-Hill, 2019. — 316 p.
25. Pugh S. Mechanical Design: Product and Systems Optimization. — London : Addison-Wesley, 2018. — 512 p.
26. Brown T. Labelling Machines and Technologies // Packaging World Journal. — 2020. — № 11. — P. 44–52.
27. Stevens M. Plastics: Materials for Packaging. — New York : Springer, 2019. — 332 p.
28. ISO 9001:2015 Quality Management Systems — Requirements. — Geneva : ISO, 2015. — 29 p.
29. Jones P. Cutting Mechanics of Thermoplastics // Polymer Engineering Journal. — 2021. — Vol. 43. — P. 123–135.

30. Hartman J. Efficiency Optimization of Roll-Fed Labelling Machines // Engineering Reports. — 2022. — № 4. — P. 88–101.
31. Müller K. Hot-Melt Adhesives in Packaging. — Berlin : Springer, 2019. — 264 p.
32. KHS GmbH. Hot-Melt Application Units: Operating Manual. — Dortmund : KHS, 2022. — 54 p.
33. Packaging Machinery Manufacturers Institute. Labelling and Coding Machinery: Technical Guide. — Virginia : PMMI, 2020. — 110 p.
34. Bulgarian Packaging Institute. Cartoning Machinery Overview. — Sofia : BPI Press, 2021. — 95 p.