

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННТІ ім. акад. І.С. Гупого

Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«16» 12 202 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« / » 20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Удосконалення машини для обгортання
шпінських виробів в упаковку формату FIDW-PACK з продуктив.
12000 шт/год

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Колесник Олександр Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Гурдекчі Валентин Іванович

(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

Юрій Власович

(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)

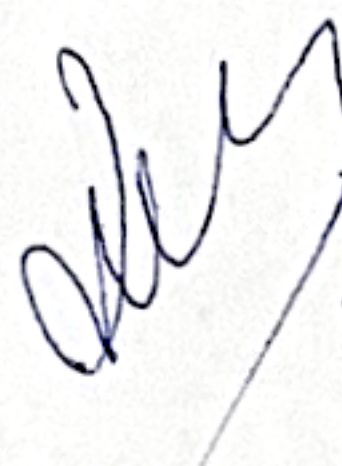
Київ - 20 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ІНТІ ім. акад. І.С. Гурова
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь Магістр
Спеціальність Прикладна механіка 131
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІНТІ

 Кравченко-Володіна І.О.
« 01 » 10 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Колесник Олександр Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення машини для обертання
штучних виробів в упаковці формату FLDW-PACK з
продуктивністю 18000 шт/год.

керівник роботи Гурекі Валентин Іванович, PhD
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » 10 2022 року № 859-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 03.12.2024

3. Вихідні дані до роботи 1. Цілі обладнання. 2. Опис
експериментальної установки.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація, Вступ, Розділ 1, Розділ 2, Розділ 3, Розділ 4, Розділ 5,
Опис, Висновки, Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Ілюстрації до розрахунків.
Слайди для презентації роботи (12 слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

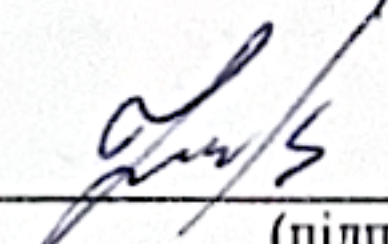
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел	16.09.24	
2	Постановка проблеми дослідження	20.10.24	
3	Розділ 1	24.10.24	
4	Розділ 2	31.10.24	
5	Розділ 3	15.11.24	
6	Розділ 4	27.11.24	
7	Розділ 5	29.11.24	
8	Оформлення роботи	01.12.24	
9	Формування презентації	01.12.24	

Здобувач освіти


 (підпис)

 Олександр Колесник
 (ім'я та прізвище)

Керівник роботи


 (підпис)

 Валентин Гудрекчі
 (ім'я та прізвище)

« 01 » 10 2024 р.

ЗМІСТ

Реферат.....	3
Abstract.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.....	9
АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1.Обґрунтування	9
1.2. Мета і завдання дипломної роботи	9
1.3. Об'єкт і предмет дослідження	10
1.4. Теоретичні основи та методи дослідження.....	10
1.5. Обґрунтування актуальності теми	10
1.6. Обґрунтування мети дослідження	12
1.7. Оцінка ефективності запропонованих змін:	14
1.8. Наукова новизна та практичне значення роботи.....	15
1.9. Практичне значення роботи	16
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ	
ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН	18
2.1. Практичні аспекти модернізації.....	18
2.2. Ключовими характеристиками цих машин є:	18
2.3 Методологія дослідження	19
2.4 Використання результатів моделювання	20
Висновок до розділу	21
2.5. Проведення аналізу існуючих пакувальних машин і вибір напрямків для їх модернізації.....	21
РОЗДІЛ 3.....	25
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА УПАКОВКИ ПРОДУКТУ	25
3.1. Опис технічної пропозиції.....	25
3.2. Напрями модернізації пакувальних машин серії Flow-Pack.....	27
4. РОЗРАХУНОК КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТА	29

ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ	29
РОЗДІЛ 5.....	43
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ CAD- ПРОГРАМ	43
РОЗДІЛ 6.....	46
ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	46
Висновки.....	56
РОЗДІЛ 7.....	58
ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ	58
7.1. Обробка та аналіз результатів експерименту	60
7.2. Модель комп'ютерного моделювання для підвищення ефективності.....	61
РОЗДІЛ 8.....	67
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	67
8.1 Аналіз витрат на модернізацію	68
8.2 Оцінка економічного ефекту від впровадження нової конструкції	72
ВИСНОВКИ	85
Висновки до розділу	89
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94

Реферат

Змінний стиль життя диктує необхідність в таких харчових продуктах, які були б найзручнішими і ефективними у вживанні. Серед численних матеріалів, використовуваних для пакування їжі, на перше місце у світі почали впевнено виходити полімерні плівки. Вони зараз утримують провідні позиції, адже зберігають високу якість харчових продуктів упродовж тривалого часу, ефективно презентують товар при продажу, суттєво полегшують відкриття, приготування і споживання продукту, мають мінімальну вагу і ціну. Якщо як головний критерій обрати не вагу застосованої упаковки, а площу її поверхні, то з'ясується, що на частку полімерної упаковки припадає понад 60%, а на частку плівок і ламінатів понад 50% всієї споживаної упаковки. Під час пакування в газовому середовищі також неможливо обійтися без спеціальної полімерної плівки. Навіть найякісніші продукти з часом втрачають свої властивості через фізичні, хімічні і біологічні процеси, які постійно відбуваються в продуктах. Щоб запобігти псуванню і зберегти харчові продукти, застосовують різні способи обробки: стерилізація, пастеризація, висушування, заморожування, обробка іонізуючим випромінюванням тощо. Кожен із цих способів має свої переваги і підходить для обробки того чи іншого типу харчових продуктів. Але жоден метод не дозволяє повністю усунути складні біохімічні процеси, що відбуваються всередині продуктів. Тією чи іншою мірою ці процеси зумовлені впливом навколишнього середовища, що спричиняє певні зміни у складі і властивостях їжі. Сьогодні важко переоцінити значення пакувальних засобів для вирішення проблем скорочення витрат і збереження харчової продукції. За оцінками експертів одним із пріоритетних напрямів науки і техніки на найближче десятиріччя є технологія тари і упаковки. Упаковка – це не лише ключовий елемент виробництва і реалізації товарів, але і спосіб життя, показник розвитку суспільства. Адже якісна упаковка не лише захищає товар під час транспортування і зберігання, але є і важливою частиною просування продукції

на ринку, формує її імідж. Присутність імпортованих продуктів у наших магазинах наочно демонструє, що упаковка є чинником конкурентоспроможності товару і потужним засобом стимулювання збуту. Технологія пакування харчових продуктів у модифікованому газовому середовищі є перспективною і дорогою водночас. Щоб інвестиції в обладнання виправдали себе і продукт, який постачається, реалізував усі переваги цього способу пакування і зберігання, необхідно правильно підбирати харчові газові суміші і виконувати визначені вимоги щодо використання і утримання цих витратних матеріалів. Близько 90% з того, що у нас пакується під вакуумом, у європейських країнах поміщається в упаковки з модифікованим газовим середовищем. Зробивши поправку на особливості західної логістики і схеми реалізації готової продукції, врахувавши поки що високу вартість технологій і відповідних машин, можна дійти висновку, що в українському ринку все ще попереду. Разом із тим вже зараз інтерес вітчизняних виробників до технології пакування в газовому середовищі неухильно зростає. Є два основні способи продовжити термін зберігання продуктів – застосувати упаковку під вакуумом або упаковку із створеним всередині модифікованим газовим середовищем (МГС). Якщо спростити технології до схеми, можна сказати, що у першому випадку з пакету або плівки, де розташований продукт, відкачується повітря із подальшим запаюванням швів. Під час створення МГС одразу після видалення повітря упаковку наповнюють сумішшю визначених газів, а потім запаюють шви. Спеціально підібраний склад газової суміші дозволяє загальмувати процеси деградації в продукті і зберегти його натуральні властивості. Хоча пакування у МГС дорожче, ніж застосування вакууму, переваги першого очевидні. Газ не деформує і не стискає продукт, що важливо під час пакування багатьох м'ясних продуктів, свіжого хліба, готових страв, напівфабрикатів.

Ключові слова: Полімерні плівки, упаковка харчових продуктів, модифіковане газове середовище, вакуумна упаковка, збереження якості, технологія пакування, біохімічні процеси, конкурентоспроможність товару.

Abstract

The dynamic lifestyle dictates the need for food products that are convenient and efficient to use. Among the numerous materials used for food packaging, polymer films have confidently taken the lead worldwide. They currently hold a leading position because they preserve the high quality of food products for an extended period, effectively showcase the product during sale, significantly simplify the opening, preparation, and consumption of the product, and have minimal weight and cost. If the primary criterion is chosen not by the weight of the packaging but by its surface area, it becomes evident that polymer packaging accounts for over 60%, and films and laminates account for over 50% of all consumed packaging. Packaging in a gaseous medium also cannot be done without special polymer films. Even the highest-quality products lose their properties over time due to physical, chemical, and biological processes that continuously occur in products. To prevent spoilage and preserve food, various processing methods are used: sterilization, pasteurization, drying, freezing, ionizing radiation treatment, etc. Each of these methods has its advantages and is suitable for processing a specific type of food product. However, no method can completely eliminate the complex biochemical processes that occur within the products. To some extent, these processes are influenced by the environment, causing certain changes in the composition and properties of food. Today, the importance of packaging means in solving the issues of reducing costs and preserving food products is hard to overestimate. According to experts, one of the priority areas of science and technology for the coming decade is packaging and container technology. Packaging is not only a key element in the production and distribution of goods but also a way of life, an indicator of societal development. Quality packaging not only protects goods during transportation and storage but is also an essential part of promoting products in the market, shaping their image. The presence of imported products in our stores clearly demonstrates that packaging is a factor in product competitiveness and a powerful means of boosting sales. The technology of food packaging in a modified gas atmosphere (MGA) is both promising and expensive. For investments in equipment to

pay off and the supplied product to realize all the advantages of this packaging and storage method, it is necessary to correctly select food gas mixtures and meet specific requirements for the use and maintenance of these consumables. Approximately 90% of products packaged under vacuum in Ukraine are placed in modified gas atmosphere packaging in European countries. Taking into account the peculiarities of Western logistics and schemes for selling finished products, as well as the currently high cost of technologies and appropriate machinery, it can be concluded that the Ukrainian market has significant potential. At the same time, domestic producers' interest in MGA packaging technology is steadily growing. There are two main ways to extend the shelf life of products: using vacuum packaging or packaging with a modified gas atmosphere (MGA). Simplifying these technologies into a scheme, it can be said that in the first case, air is removed from the package or film where the product is placed, followed by sealing the seams. When creating an MGA, the packaging is filled with a specific gas mixture immediately after air removal, and then the seams are sealed. A specially selected composition of the gas mixture helps to slow down degradation processes in the product and preserve its natural properties. Although MGA packaging is more expensive than vacuum packaging, the advantages of the former are clear. The gas does not deform or compress the product, which is important for packaging many meat products, fresh bread, ready-made meals, and semi-finished products.

Keywords: Polymer films, food packaging, modified gas environment, vacuum packaging, quality preservation, packaging technology, biochemical processes, product competitiveness.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості та зростання вимог до якості упаковки, важливим фактором є удосконалення технологій та обладнання для пакування продукції. Пакувальні машини, зокрема горизонтальні пакувальні автомати серії «flow-pack», стали незамінними в багатьох галузях, таких як харчова промисловість, фармацевтика, косметика та багато інших. Вони дозволяють автоматизувати процес упаковки, підвищити продуктивність та знизити витрати на виробництво.

Машина серії «flow-pack» АФ-450-Ф використовується для обгортання виробів у герметичну упаковку формату FLOW-PACK. Завдяки своїй простоті, надійності та високій швидкості роботи, ця модель здобула популярність в багатьох виробництвах. Однак, незважаючи на свої переваги, існують можливості для подальшого удосконалення цієї моделі, що дозволить підвищити її продуктивність, надійність, зменшити енергоспоживання та збільшити термін служби обладнання.

Основною метою даної дипломної роботи є удосконалення моделі горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф. В рамках роботи планується вдосконалення основних вузлів машини, таких як система подачі плівки, запаювальні механізми та механізми руху, з метою підвищення продуктивності до 18 000 упаковок на годину. Крім того, важливою складовою є оптимізація матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів, що дозволить зменшити знос і підвищити надійність роботи машини.

Удосконалення моделі також передбачає використання сучасних методів моделювання за допомогою CAD-програм, що дасть змогу здійснити віртуальну апробацію запропонованих змін та проаналізувати ефективність їх впровадження до виготовлення фізичних прототипів. Це дозволить значно знизити час та вартість розробки, а також підвищити точність кінцевого продукту.

Робота складається з кількох основних етапів, включаючи аналіз існуючої конструкції машини, розробку рекомендацій щодо її модернізації, вибір матеріалів для нових вузлів, моделювання роботи машини в САД-програмах та аналіз результатів. Після реалізації запропонованих змін передбачається оцінка ефективності роботи модернізованого обладнання з точки зору продуктивності, енергоефективності та надійності.

У результаті виконаної роботи очікується значне покращення характеристик пакувального автомата, що дозволить збільшити його ефективність, знизити витрати на обслуговування та підвищити конкурентоспроможність обладнання на ринку.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1.Обґрунтування

Дипломна робота на тему "Удосконалення машини для обгортання штучних виробів в упаковки формату FLOW-PACK з продуктивністю 18000 шт/год" присвячена розробці та вдосконаленню конструкції пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф з метою підвищення ефективності її роботи, зниження зносу, покращення якості упаковки та зменшення витрат на обслуговування.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю удосконалення існуючих технологій пакування для досягнення більш високої продуктивності, підвищення якості упаковки та зменшення витрат на обслуговування пакувальних машин. У зв'язку з цим, проблема модернізації існуючих машин та інтеграції новітніх технічних рішень є важливою задачею для підвищення конкурентоспроможності підприємств в галузі пакувальної техніки.

1.2. Мета і завдання дипломної роботи

Метою дипломної роботи є удосконалення конструкції горизонтального пакувального автомата серії Flow-Pack АФ-450-Ф для досягнення більш високої продуктивності, зниження зносу основних механізмів, покращення якості упаковки, зменшення витрат на обслуговування та підвищення економічної ефективності процесу пакування.

Завданнями роботи є:

1. Проведення аналізу існуючих пакувальних машин і вибір напрямків для їх модернізації.
2. Розробка моделі модернізованої машини для обгортання виробів в упаковку FLOW-PACK.
3. Проведення розрахунків основних параметрів нової конструкції.

4. Моделювання роботи модернізованої машини за допомогою CAD-програм для оцінки її ефективності.
5. Оцінка економічного ефекту від впровадження нової конструкції.
6. Оцінка впливу модернізованої машини на екологію та розробка заходів із забезпечення охорони праці.

1.3. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є горизонтальний пакувальний автомат серії Flow-Pack АФ-450-Ф.

Предметом дослідження є процеси модернізації пакувальної машини з урахуванням підвищення її продуктивності, зниження зносу, покращення якості упаковки та зменшення витрат на обслуговування.

1.4. Теоретичні основи та методи дослідження

У процесі роботи застосовуються різноманітні теоретичні та експериментальні методи. Основні методи, які використовуються для досягнення мети дослідження, включають:

1. Метод аналізу і синтезу для оцінки існуючих конструкцій пакувальних машин і вибору оптимальних рішень для модернізації.
2. Методи математичного моделювання для розрахунку основних параметрів конструкції та роботи модернізованої машини.
3. Методи комп'ютерного моделювання за допомогою CAD-програм для аналізу роботи машини та візуалізації результатів.
4. Економічні методи для оцінки ефективності модернізації та визначення економічних вигод від впровадження нової конструкції.

1.5. Обґрунтування актуальності теми

Пакування є одним з основних етапів у виробничому процесі, що значно впливає на збереження якості, безпеку та привабливість товару на ринку. Вибір технології упаковки безпосередньо залежить від виду продукції, вимог до її

збереження, а також від економічної доцільності. Однією з найбільш ефективних і популярних технологій на сучасному ринку є використання машин для обгортання в упаковки формату FLOW-PACK, які широко застосовуються в харчовій, фармацевтичній, косметичній і побутовій промисловості. Машини FLOW-PACK дозволяють швидко і точно упаковувати широкий спектр продукції у герметичну плівку з високою швидкістю і мінімальними затратами матеріалу.

Проте, попри значну популярність цієї технології, однією з головних проблем є оптимізація роботи пакувальних машин з метою досягнення високої продуктивності при збереженні високої якості упаковки. Сучасні машини для обгортання в форматі FLOW-PACK здатні забезпечити продуктивність до 18 000 упаковок на годину, однак досягнення таких показників супроводжується рядом труднощів, таких як підвищене енергоспоживання, потреба в частих налаштуваннях для зміни типу упаковки та необхідність покращення стабільності роботи обладнання на великих обсягах виробництва.

Особливо актуальною є проблема енергозатрат. Збільшення вимог до продуктивності та швидкості роботи машин зазвичай супроводжується зростанням енергоспоживання, що безпосередньо впливає на собівартість продукції та ефективність виробничого процесу в цілому. Більшість існуючих моделей мають певні конструктивні обмеження, що знижують їх енергоефективність та швидкість налаштування під різні параметри упаковки, що ускладнює їх адаптацію до змінюваних умов виробництва.

Актуальність дослідження цієї теми обумовлена необхідністю вдосконалення конструкції та технології машин для обгортання продукції у форматі FLOW-PACK, що дозволить досягти більш високих результатів у плані продуктивності та енергоефективності. Вдосконалення конструктивних елементів, покращення механізмів подачі і герметизації, а також впровадження сучасних систем автоматизації дозволяє підвищити стабільність роботи обладнання, знизити час

на переналаштування машини та забезпечити стабільну якість упаковки при високих швидкостях виробництва.

Особливу увагу слід приділити дослідженню оптимальних технологічних параметрів, які впливають на продуктивність і енергозатрати, а також пошуку нових рішень, спрямованих на зменшення витрат енергії в процесі упаковки. Розробка вдосконаленої моделі пакувальної машини FLOW-PACK, яка працює на продуктивність до 18 000 одиниць на годину, є важливою задачею для підвищення конкурентоспроможності виробництва і зменшення впливу на навколишнє середовище через скорочення енергетичних ресурсів.

Завдяки розвитку нових технологій автоматизації та контролю, а також використанню новітніх матеріалів і механізмів, є можливість істотно покращити роботу пакувальних машин, що, в свою чергу, дасть змогу знизити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність виробничих процесів і забезпечити високу якість упаковки в умовах масового виробництва.

Отже, проблема удосконалення машин для обгортання штучних виробів в упаковки формату FLOW-PACK з продуктивністю 18 000 шт/год є надзвичайно актуальною і потребує комплексного підходу до розв'язання технічних, технологічних та економічних питань, пов'язаних із підвищенням продуктивності та енергетичної ефективності цих машин.

1.6. Обґрунтування мети дослідження

Метою даного дослідження є удосконалення моделі горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф з метою підвищення його продуктивності, надійності, зменшення енергоспоживання та зниження зносу основних вузлів машини. Для досягнення цієї мети передбачається оптимізувати конструкцію ключових механізмів, таких як система подачі плівки, запаювальні вузли та механізми руху. Важливим етапом є також вибір матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів, що дозволить продовжити термін служби машини та підвищити її ефективність.

Крім того, для точнішого прогнозування результатів модернізації та оцінки ефективності змін, буде використано методи моделювання роботи машини за допомогою CAD-програм. Це дозволить перевірити працездатність запропонованих конструктивних змін до виготовлення фізичних прототипів та оптимізувати їх з урахуванням реальних експлуатаційних умов.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети у рамках дослідження необхідно вирішити наступні основні завдання:

1. Аналіз існуючої конструкції пакувального автомата «flow-pack» АФ-450-Ф:

- Дослідження технічних характеристик та принципів роботи моделі.
- Визначення основних вузлів, що потребують удосконалення для підвищення продуктивності та надійності.

2. Оптимізація конструкції основних вузлів машини:

- Розробка рекомендацій щодо вдосконалення системи подачі плівки, запаювальних механізмів та механізмів руху.
- Визначення оптимальних параметрів для кожного вузла з урахуванням їх взаємодії і впливу на загальну продуктивність машини.

3. Вибір матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів:

- Оцінка вимог до матеріалів, що використовуються для виготовлення основних компонентів машини.
- Розробка рекомендацій щодо використання матеріалів, які забезпечать високу зносостійкість, термостійкість і міцність.

4. Моделювання роботи машини за допомогою CAD-програм:

- Створення тривимірної моделі модернізованого пакувального автомата.
- Проведення симуляцій руху механізмів і аналізу навантажень на різні вузли машини.

- Аналіз теплових режимів роботи запаювальних елементів і оцінка їх ефективності.

1.7. Оцінка ефективності запропонованих змін:

- Порівняння експлуатаційних характеристик модернізованої машини з вихідними даними.
- Визначення приросту продуктивності, зниження енергоспоживання та покращення зносостійкості вузлів.
- Оцінка економічної доцільності модернізації та можливості впровадження розробок на підприємствах.

Рішення цих завдань дозволить розробити обґрунтовані пропозиції щодо вдосконалення машини «flow-pack» АФ-450-Ф, що забезпечить підвищення її продуктивності, надійності та енергоефективності, а також збільшить термін служби обладнання та знизить витрати на його обслуговування.

1.8. Наукова новизна та практичне значення роботи

Наукова новизна дослідження полягає в розробці та обґрунтуванні нових підходів до удосконалення горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф, які включають оптимізацію конструкції основних вузлів, вибір матеріалів для їх виготовлення, а також використання сучасних методів моделювання для оцінки ефективності запропонованих змін.

До основних наукових результатів, що відрізняють роботу від існуючих досліджень, можна віднести:

- 1. Комплексний підхід до модернізації конструкції пакувального автомата:** Вперше здійснено оптимізацію одразу кількох ключових механізмів, таких як система подачі плівки, запаювальні вузли та механізми руху. Це дозволило не тільки підвищити продуктивність машини, але й знизити її енергоспоживання та зменшити знос вузлів.
- 2. Вибір матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів:** Розроблено нові рекомендації щодо використання високотехнологічних матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками для виготовлення основних компонентів машини, що забезпечує більшу зносостійкість та термостійкість.
- 3. Моделювання роботи машини за допомогою CAD-програм:** Вперше для даного типу пакувальних машин застосовано методи числових симуляцій і моделювання в CAD-системах для оптимізації конструкції та аналізу механічних і теплових характеристик машини на етапі проектування. Це дозволяє більш точно оцінити ефективність модернізацій та значно скоротити час і витрати на випробування прототипів.
- 4. Розробка методики оцінки ефективності модернізації:** Запропоновано нову методику для оцінки ефективності

модернізованого пакувального автомата, що включає порівняння експлуатаційних характеристик, таких як продуктивність, енергоспоживання та зносостійкість, що дозволяє точніше визначити переваги модернізації у порівнянні з існуючими стандартами.

1.9. Практичне значення роботи

Практичне значення роботи полягає у створенні обґрунтованих технічних рішень для модернізації пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф, що дозволяє значно підвищити ефективність його роботи, зменшити енергетичні витрати та збільшити термін служби обладнання. Зокрема, впровадження результатів дослідження забезпечить:

- 1. Підвищення продуктивності машини:** Запропоновані конструктивні зміни дозволяють збільшити продуктивність до 18 000 упаковок на годину, що відповідає вимогам сучасних виробництв до швидкості упаковки та здатності машин до безперебійної роботи на великих обсягах продукції.
- 2. Зниження енергоспоживання:** Оскільки важлива увага була приділена оптимізації механізмів руху та зменшенню тертя, удосконалена конструкція машини дозволяє знизити споживану енергію, що є важливим фактором у зниженні витрат на експлуатацію обладнання.
- 3. Збільшення надійності та зменшення зносу вузлів:** Використання нових матеріалів для виготовлення ключових компонентів машини дозволить підвищити їх зносостійкість, термостійкість та міцність, що сприятиме зменшенню кількості аварійних зупинок і підвищенню надійності роботи пакувального автомата.
- 4. Скорочення часу та витрат на тестування і прототипування:** Моделювання роботи машини в CAD-програмах дозволяє виконати віртуальні випробування конструктивних змін і передбачити можливі

проблеми на етапі проектування, що дозволяє скоротити час, необхідний для виготовлення та тестування фізичних прототипів.

- 5. Практичне застосування на підприємствах:** Запропоновані вдосконалення можуть бути безпосередньо впроваджені на підприємствах, що займаються виробництвом пакувального обладнання або використовують пакувальні машини серії «flow-pack» у своїх виробничих лініях. Це дозволить підприємствам підвищити свою конкурентоспроможність, знизити витрати на обслуговування обладнання та підвищити якість пакування продукції.

Таким чином, результати дослідження мають важливе практичне значення для розвитку технології пакування та вдосконалення пакувальних машин, що підвищить ефективність виробничих процесів і зменшить їх витрати.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН

2.1. Практичні аспекти модернізації

Горизонтальні пакувальні автомати серії «flow-pack» використовуються для автоматичного обгортання продукції у герметичні пакети із плівки, що дозволяє забезпечити високу швидкість упаковки та зручність в транспортуванні товарів. Принцип роботи таких машин полягає в тому, що виріб подається через систему транспортерів, після чого обгортається плівкою, що розгортається з котушки, і фіксується з допомогою запаювальних елементів.

2.2. Ключовими характеристиками цих машин є:

- **Швидкість роботи** (продуктивність), що визначається кількістю упаковок, виготовлених за одиницю часу.
- **Якість упаковки**, яка залежить від точності запаювальних механізмів та злагодженості роботи всіх вузлів машини.
- **Надійність та довговічність** обладнання, що забезпечується правильним вибором матеріалів та оптимізацією конструкції.
- **Енергоспоживання**, яке можна зменшити за допомогою енергоефективних компонентів та вдосконалених механізмів.

Для підвищення ефективності роботи таких машин важливо оптимізувати конструкцію ключових вузлів, таких як система подачі плівки, механізми запаювання та транспортування продукції, а також враховувати використання матеріалів з покращеними механічними властивостями, що сприяє зменшенню зносу і підвищенню зносостійкості.

Методи удосконалення конструкції пакувальних машин

Процес удосконалення пакувальних машин може включати кілька напрямків, серед яких основними є:

- **Оптимізація механічних конструкцій:** Покращення механізмів, що відповідають за рух плівки та транспортування виробів, зменшення тертя

та підвищення точності роботи. Це дозволяє зменшити споживання енергії, збільшити швидкість роботи та підвищити надійність.

- **Модернізація запаювальних механізмів:** Запаювальні вузли є критичними для забезпечення герметичності упаковки. Покращення їх конструкції може включати використання нових матеріалів, підвищення температурного контролю і точності.
- **Вибір матеріалів для конструкційних елементів:** Важливо враховувати механічні, термостійкі та зносостійкі характеристики матеріалів, що використовуються в основних вузлах, таких як механізми руху, запаювальні елементи та корпуси машин. Для цього можна застосовувати сучасні композитні матеріали, сталеві сплави з високою зносостійкістю або пластмаси з покращеними термодинамічними властивостями.
- **Автоматизація та контроль процесів:** Впровадження сенсорних систем для автоматичного регулювання роботи машини дозволяє підвищити точність запаювання, стабільність процесу і зменшити людський фактор.

2.3 Методологія дослідження

Для дослідження та модернізації пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф використовуються наступні методи:

1. **Аналіз існуючої конструкції:** Для оцінки поточного стану машини проводиться розбір конструктивних особливостей та характеристик, таких як тип механізмів, їх конструкція, технічні параметри, а також виявлення можливих проблем у роботі, таких як знос вузлів, енергетичні втрати чи низька продуктивність.
2. **Оптимізація конструкції механізмів:** Використовуються методи числового моделювання та механічного аналізу для визначення оптимальних геометричних параметрів вузлів, що підлягають

удосконаленню. Це дозволяє забезпечити зменшення енергетичних втрат, підвищити точність та стабільність роботи машини.

3. **Моделювання роботи машини в CAD-системах:** Для перевірки ефективності запропонованих змін використовується метод числових симуляцій, що дозволяє змоделювати поведінку механізмів машини при різних навантаженнях та швидкостях роботи. Це дає можливість виявити можливі проблеми на етапі проектування і оптимізувати конструкцію до виготовлення фізичного прототипу.
4. **Вибір матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів:** Застосовується методика вибору матеріалів на основі аналізу експлуатаційних вимог до вузлів машини, таких як зносостійкість, термостійкість, корозійна стійкість та механічні властивості. Для цього використовуються дані з наукових публікацій, досліджень і практичного досвіду використання матеріалів у подібних умовах.
5. **Експериментальна перевірка та оцінка результатів:** Після розробки модернізованих вузлів проводяться тестування та порівняння експлуатаційних характеристик модернізованого автомата з вихідними параметрами. Це дозволяє оцінити ефективність змін з точки зору продуктивності, енергоспоживання та зносостійкості.

2.4 Використання результатів моделювання

Моделювання є важливим етапом дослідження, оскільки дозволяє прогнозувати поведінку машини в реальних умовах експлуатації. Використання CAD-систем дозволяє:

- Створити точну тривимірну модель пакувального автомата, що враховує всі геометричні та технологічні особливості конструкції.
- Проаналізувати навантаження, що діють на різні вузли машини, і виявити можливі точки зносу чи перевантаження.

- Провести теплові симуляції для визначення температурних режимів, які можуть впливати на роботу запаювальних механізмів.
- Визначити оптимальні параметри конструкції для досягнення високої продуктивності та зниження енергоспоживання.

Висновок до розділу

В теоретично-методологічному розділі розглянуті основи функціонування пакувальних машин, методи удосконалення їх конструкцій та вибору матеріалів, а також методи моделювання для оцінки ефективності модернізацій. Застосування числових симуляцій, вибір матеріалів та оптимізація механічних вузлів є основою для досягнення високої продуктивності, надійності та енергоефективності модернізованого пакувального автомата.

2.5. Проведення аналізу існуючих пакувальних машин і вибір напрямків для їх модернізації

Аналіз існуючих пакувальних машин є важливою частиною процесу модернізації пакувальних ліній. У цьому розділі проводиться огляд сучасних горизонтальних пакувальних автоматів, зокрема машин серії Flow-Pack, їхніх конструктивних особливостей, переваг і недоліків. На основі цього аналізу визначаються основні напрямки для вдосконалення машин з метою підвищення їх продуктивності, зниження зносу, поліпшення якості упаковки та зменшення витрат на обслуговування.

2.6. Недоліки існуючих пакувальних машин

Сучасні пакувальні машини, зокрема автоматичні пакувальні системи, використовуються для фасування і пакування різноманітних продуктів у упаковки типу Flow-Pack. Однак існують різні модифікації таких машин, які мають різні характеристики, залежно від призначення, продуктивності та типу продукції.

1. Пакувальні машини серії Flow-Pack

Пакувальні машини формату Flow-Pack є одними з найбільш популярних серед автоматичних пакувальних ліній. Ці машини дозволяють пакувати продукти в герметичні упаковки з використанням полімерних плівок. Однією з найбільш відомих моделей є автомат АФ-450-Ф, який забезпечує продуктивність до 18 000 упаковок на годину.

Переваги:

- Висока продуктивність.
- Можливість використання різних видів упаковки (наприклад, для харчових продуктів, медичних виробів, косметики).
- Легкість в налаштуванні і заміні упаковки.
- Автоматизація процесу з мінімальним втручанням людини.

2. Недоліки:

- Високий рівень зносу основних механізмів через високе навантаження на рухомі частини.
- Часті поломки та відмови через використання дешевих матеріалів для деталей.
- Недостатня гнучкість для різних типів упаковки (особливо в умовах швидкої зміни продуктів).
- Проблеми з налаштуванням для різних форматів упаковки, що вимагає додаткового часу та ресурсів.

3. Аналіз сучасних альтернатив

Окрім традиційних пакувальних машин, на ринку існують й інші типи пакувальних автоматів, таких як:

- **Машини з вертикальним пакуванням (VFFS)** — використовуються для фасування сипучих та рідких продуктів.
- **Термоформувальні машини** — призначені для пакування продуктів у пластикові контейнери.

- **Інтерфейсні автоматичні пакувальні системи** — комбінують декілька типів пакувальних машин для зменшення витрат на обслуговування.

4. Переваги альтернатив:

- Вища універсальність в пакуванні різних типів продуктів.
- Можливість одночасного виконання декількох операцій (наприклад, фасування і пакування в різні контейнери).
- Більш високий рівень автоматизації і інтеграції з іншими виробничими процесами.

5. Недоліки альтернатив:

- Вища вартість придбання і установки.
- Більше технічних вимог до обслуговування.
- Може потребувати більш кваліфікованого персоналу для управління та налаштування.

2.7. Конструкція і принцип роботи пакувальної машини

Автомат складається:

1. Стрічковий конвеєр;
2. Вузол формування поперечного перерізу упаковки;
3. Вузол поздовжнього зварювання;
4. Вузол поперечного зварювання і відрізання;
5. Відвідний конвеєр;
6. Механізм розмотування плівки. [2]

Завантажувальний транспортер

Конструкція транспортера включає литий корпус, усередині якого розміщуються стрічка, пристрій для натягування, провідний і ведений барабани, а також направляючі елементи. [1]

Механізм повздовжнього зварювання

Цей механізм фіксується на платформі станини. Обертальний рух до валів протягувальних і зварювальних роликів передається за допомогою зірочки, конічної передачі та зубчастих шестерень, встановлених на валах у корпусах, які монтуються на литий основі. У корпусах зварювальних роликів інтегровані нагрівальні елементи, які підключаються через термостійкі дроти до пустотілих валів, з'єднаних із колекторами. Електрична напруга подається на колектори через щітки і тримачі щіток. Для заправки плівки ролики необхідно попередньо розсунути, а після цього міцно звести разом. Для цієї мети використовуються регулювальні гвинти, закріплені на траверсі. [1]

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА УПАКОВКИ ПРОДУКТУ

3.1. Опис технічної пропозиції

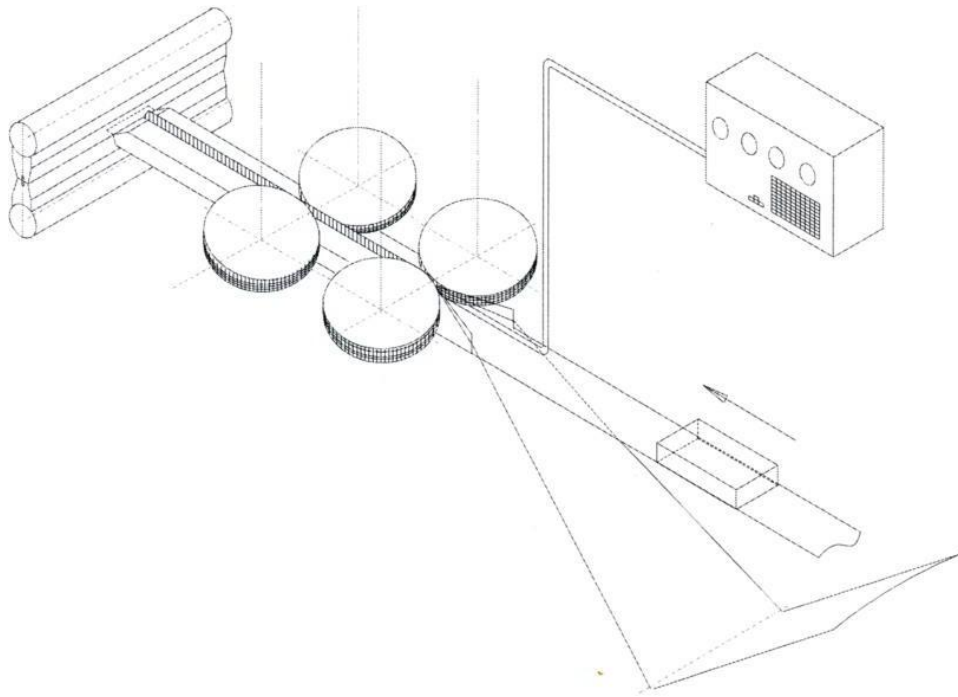


Рис.3.1. Загальна схема пристрою

Обертуючи гвинт, зафіксований у кронштейні на платформі станини, можна регулювати положення механізму поздовжнього зварювання по висоті щодо осі переміщення продукту. Це дозволяє змінювати периметр трубки, утвореної з пакувального матеріалу. Механізм поздовжнього зварювання прикритий кожухом. [1]

Механізм поперечного зварювання і розрізання Цей механізм складається з: а) пристрою поперечного зварювання, різання та друкування; б) приводу механізму. Механізм зварювання і розрізання включає два вали, розташовані по обидва боки осі переміщення продукту. До валів кріпляться корпуси за допомогою гвинтів. У верхньому корпусі встановлюється ніж для різання пакетів, висота якого регулюється болтами та конусами і фіксується за

допомогою болтів. У нижньому корпусі зафіксована підкладка, яка прикручується болтами. Електронагрівальні елементи розташовані в корпусах і з'єднані проводами із колекторами. Напруга надходить до колекторів через щітки та щіткотримачі. У корпусах також інтегрований друкувальний пристрій для нанесення дати виготовлення продукту. Привід цього механізму забезпечується сервоприводом, який регулює швидкість обертання залежно від розмірів продукції. [1]

Відвідний транспортер Конструкція відвідного транспортера включає дві боковини, на яких розташовані натяжний і приводний барабани. Натяжіння стрічки здійснюється за допомогою болтів. Транспортер закріплений до плити механізму зварювання і різання. Усі деталі механізмів зварювання і різання розміщені на двох платформах, з'єднаних стяжками. Кріплення механізму до станини виконується за допомогою гайок і болтів. Для захисту механізм зварювання і різання обладнаний кожухом. [10]

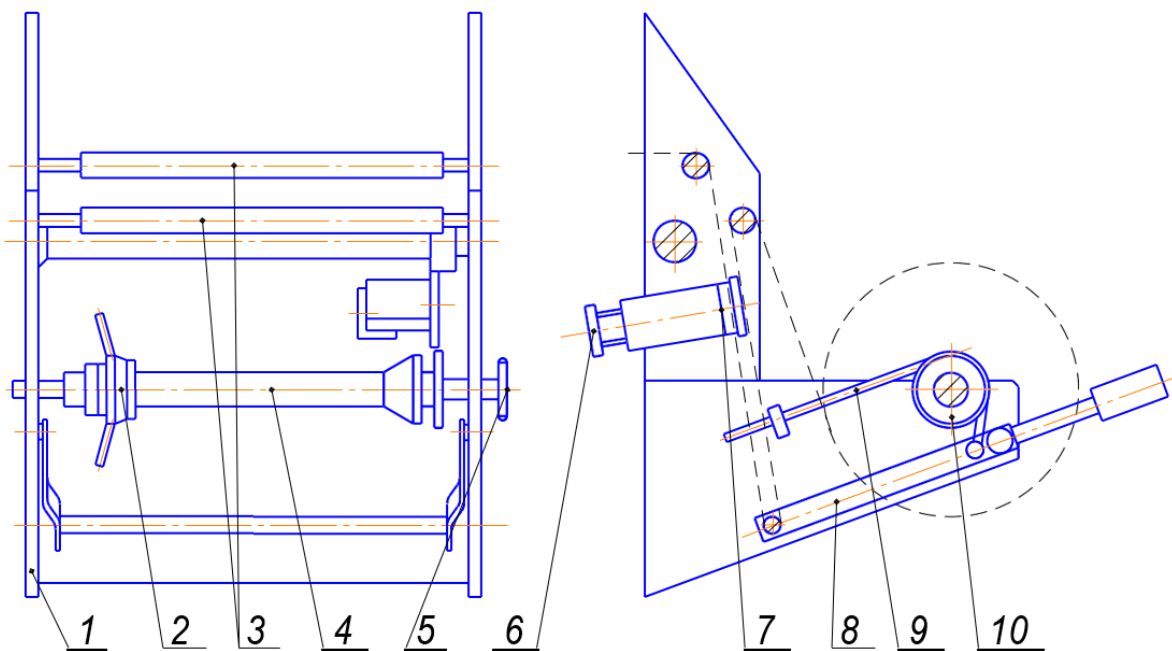


Рис.3.2. Механізм розмотування плівки

Рулонотримач, зображений на рисунку, призначений для розмотування плівки та нанесення на неї дати. Його конструкція включає вал 4, напрямні валки 3,

дататор 7 і важіль гальма 8. Усі ці елементи закріплені на спільній рамі 1. Під час протягування плівки піднімається важіль, на який встановлюється рулон.

Рулон обертається за інерцією, плівкова петля збільшується, після чого важіль 8 опускається, і ремінь 9 гальмує вал плівки 4. У паузах між протягуванням плівки пневмоциліндр 6 активується, а на його штоках розташована насадка 7 із цифрами. Ця цифрова колодка нагрівається за допомогою спіралі, упирається в гумову подушку і втискає дату на плівку. [12]

Положення рулону плівки регулюється за допомогою гвинта 5.

3.2. Напрями модернізації пакувальних машин серії Flow-Pack

Проведений аналіз показав, що існуючі машини серії Flow-Pack, незважаючи на їх високу продуктивність, мають ряд недоліків, які можна усунути шляхом модернізації конструкції. Основні напрямки для вдосконалення машини АФ-450-Ф:

1. Підвищення продуктивності

Одним із головних напрямків модернізації є підвищення продуктивності машини без збільшення енергоспоживання та обсягу технічного обслуговування. Для цього необхідно оптимізувати робочі процеси, зокрема, вдосконалити механізми подачі матеріалу, систему формування упаковки та процес герметизації. Використання більш ефективних двигунів та скорочення часу налаштування дозволять збільшити кількість оброблених одиниць продукції на годину.

2. Покращення якості упаковки

Щоб підвищити якість упаковки, потрібно оптимізувати процес герметизації упаковки та поліпшити контроль за подачею упаковочних матеріалів. Важливим аспектом є забезпечення стабільності розміру пакування, а також надійне герметизування, що дозволяє зберегти продукт від зовнішніх впливів (вологи, повітря).

3. Зниження зносу та витрат на обслуговування

Враховуючи високий рівень зносу рухомих частин і механізмів, необхідно

удосконалити конструкцію деталей, замінивши їх на зносостійкіші матеріали та оптимізувати механізми з урахуванням навантажень. Використання новітніх матеріалів, таких як сплави з підвищеною стійкістю до тертя та корозії, дозволить продовжити термін експлуатації машини та зменшити частоту ремонту. Також важливим є впровадження автоматизованої системи діагностики та моніторингу стану машини, що дозволить своєчасно виявляти потенційні несправності.

4. Екологічна безпека та енергозбереження

Для підвищення екологічної безпеки пакувальної машини потрібно зменшити споживання енергії та вплив на навколишнє середовище. Включення енергоефективних компонентів, зменшення викидів від технічних систем (наприклад, від охолодження) і перехід на більш екологічні пакувальні матеріали, такі як біорозкладні плівки, допоможуть досягти цього.

5. Автоматизація процесів налаштування

Автоматизація налаштування машини під різні типи продукції дозволить зменшити час простою при зміні виробів і пакувальних матеріалів. Впровадження інтелектуальних систем управління, що самостійно регулюють параметри упаковки в залежності від характеристик продукції, знизить трудові витрати та підвищить гнучкість виробничої лінії.

6. Вдосконалення системи контролю якості

Важливим напрямком є впровадження інтегрованих систем контролю якості, які дозволять на етапі пакування виявляти дефекти в упаковці або порушення стандартів. Системи автоматичного моніторингу можуть використовувати камери, сенсори та інші датчики для виявлення недоліків упаковки, таких як неповне герметизування чи дефекти матеріалу.

4. РОЗРАХУНОК КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

Продуктивність машини залежить від кількості виробів, що обробляються за одиницю часу, та від швидкості руху механізмів. Для визначення продуктивності пакувального автомата використовується формула:

$$P = \frac{n}{t},$$

де:

- P — продуктивність машини (упаковок на годину),
- n — кількість упаковок, що виробляються за час t ,
- t — час, необхідний для виготовлення однієї упаковки.

Враховуючи швидкість подачі плівки, роботу механізмів запаювання та транспортування, розраховується загальна продуктивність.

Розрахунок

енергоспоживання

Для оцінки енергоспоживання машини використовуються дані про потужність основних механізмів та їх ефективність. Математична модель енергоспоживання включає розрахунок споживаної потужності для кожного вузла, враховуючи тип електродвигунів, механічні втрати та енергоефективність:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t,$$

де:

- E — загальне енергоспоживання (Вт·год),
- P_i — потужність кожного механізму,
- t — час роботи кожного механізму.

Розрахунок

зносостійкості

Для оцінки зносостійкості вузлів машини враховуються матеріали, з яких

виготовлені основні компоненти, а також фактори, що впливають на знос (тертя, температура, навантаження). Зносостійкість можна оцінити за допомогою коефіцієнта зносу, який залежить від властивостей матеріалу та умов експлуатації:

$$Z = \frac{F}{\mu \cdot S},$$

де:

- Z — коефіцієнт зносу,
- F — навантаження на вузол,
- μ — коефіцієнт тертя,
- S — площа контакту поверхні.

Розрахунок продуктивності

а) для пачки розмірами: довжина 40 мм, ширина 20 мм, висота 2мм. Загальна технічна продуктивність (годинна):

$$Z_{год} = 18000 \text{ шт/год}$$

Секундна продуктивність:

$$Z_c = \frac{Z_{год}}{3600} = \frac{18000}{3600} = 5 \text{ шт/с}$$

Час виготовлення однієї упаковки (тривалість кінематичного циклу):

$$T_K = \frac{1}{Z_c} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ с}$$

Зварювальні ролики механізму повздовжнього зварювання рухаються безперервно і рівномірно нагріті по всій поверхні, отже процес зварювання здійснюється безперервно. Тоді час зварювання повздовжнього шва буде визначатися кінематичним циклом, а саме:

$$t_{nz} = 0.2 \text{ с}$$

Тоді частота обертання валів зі зварювальними роликами:

$$n_{nz} = 60t_{nz} = 60 \cdot 0.2 = 12 \text{ об/хв};$$

Час зварювання поперечного шва визначається частотою обертання валів механізму поперечного зварювання і відрізання, і залежить від матеріалу і температури нагріву. Так як продуктивність у нас 300 уп/хв, а за один оберт валів зварюється зварювання одного шва (згідно конструкції валів), то частоту обертання валів поперечного зварювання приймаємо

$$n_{non} = 300 \text{ об/хв},$$

а час поперечного зварювання

$$T_{non} = \frac{60}{n_{non}} = \frac{60}{300} = 0.2 \text{ с.}$$

б) для пачки розмірами: довжина 400 мм, ширина 250 мм, висота 100мм. Загальна технічна продуктивність (годинна):

$$Z_{год} = 3240 \text{ шт/год}$$

Секундна продуктивність:

$$Z_c = \frac{Z_{год}}{3600} = \frac{3240}{3600} = 0.9 \text{ шт/с}$$

Час виготовлення однієї упаковки (тривалість кінематичного циклу):

$$T_K = \frac{1}{Z_c} = \frac{1}{0.9} = 1.1 \text{ с}$$

Зварювальні ролики механізму повздовжнього зварювання рухаються безперервно і рівномірно нагріті по всій поверхні, отже

процес зварювання здійснюється безперервно. Тоді час зварювання повздовжнього шва буде визначатися кінематичним циклом, а саме:

$$t_{nz} = 1.1 \text{ с}$$

Тоді частота обертання валів зі зварювальними роликами:

$$n_{nz} = 60t_{nz} = 60 \cdot 1.1 = 66 \text{ об/хв};$$

Час зварювання поперечного шва визначається частотою обертання валів механізму поперечного зварювання і відрізання, і залежить від матеріалу і температури нагріву. Так як продуктивність у нас 54 уп/хв, а за один оберт валів зварюється зварювання одного шва (згідно конструкції валів), то частоту обертання валів поперечного зварювання приймаємо

$$n_{non} = 54 \text{ об/хв},$$

а час поперечного зварювання [4]

$$T_{non} = \frac{60}{n_{non}} = \frac{60}{54} = 1.1 \text{ с}.$$

Вибираємо серводвигун 1FK7: [5]

Номінальна швидкість: 2,000 - 6,000 об/мин

Номінальна потужність: 0.05 - 8.2 кВт

Статичний момент: 0.18 - 48 Нм

Моделювання роботи машини

Для перевірки теоретичних розрахунків та оптимізації конструкції пакувального автомата використовується метод моделювання в CAD-системах (AutoCAD, SolidWorks). Створення тривимірної моделі дозволяє:

- Аналізувати геометрію та взаємодію рухомих частин машини.
- Оцінити навантаження на різні вузли та механізми.

- Прогнозувати теплові навантаження в запаювальних елементах.
- Визначити оптимальні параметри конструкції для забезпечення максимальної продуктивності та мінімального енергоспоживання.

Процес моделювання включає створення цифрових прототипів, що відображають реальні умови роботи машини, і дозволяє виконати необхідні розрахунки для кожного з механізмів. За допомогою інструментів CAD можна провести аналіз теплових, механічних та динамічних навантажень. [17]

Експериментальні дослідження

Експериментальні дослідження полягають у тестуванні модернізованого пакувального автомата в реальних умовах виробництва. Основними параметрами для оцінки є:

- Продуктивність машини на різних етапах модернізації (до та після змін).
- Енергоспоживання, що вимірюється за допомогою спеціальних приладів.
- Знос основних вузлів, визначений шляхом регулярного моніторингу стану компонентів машини під час її роботи.

Тестування продуктивності

Продуктивність перевіряється шляхом вимірювання часу, необхідного для упаковки певної кількості одиниць продукції (наприклад, 1000 упаковок). Порівняння результатів до та після модернізації дозволяє оцінити, чи досягнуто підвищення продуктивності.

Вимірювання енергоспоживання

Для вимірювання енергоспоживання використовуються електричні лічильники, які дозволяють зафіксувати реальне споживання електроенергії при різних режимах роботи машини (максимальна, середня, мінімальна швидкість упаковки).

Оцінка зносу

Знос визначається шляхом вимірювання товщини зношених деталей на різних етапах тестування та після певного періоду роботи машини. Це дозволяє оцінити ефективність використаних матеріалів та конструктивних рішень.

Порівняння теоретичних та експериментальних результатів

Після проведення теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень отримані результати порівнюються з початковими даними. Якщо модернізовані вузли демонструють кращі результати за продуктивністю, енергоспоживанням і зносостійкістю, то вдосконалення конструкції вважається успішним. Це дозволяє сформулювати висновки щодо доцільності впровадження модернізації на промисловому рівні.

Висновки з теоретично-експериментальних досліджень

Теоретично-експериментальні дослідження показали, що запропоновані зміни в конструкції пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф дозволяють досягти підвищення продуктивності, зменшення енергоспоживання та збільшення зносостійкості. Моделювання в CAD-системах та результати експериментів підтвердили ефективність модернізацій, що відкриває можливості для впровадження цих змін в серійне виробництво.

Розрахунок основних параметрів (швидкість, продуктивність, енерговитрати)

В даному розділі здійснюється розрахунок основних параметрів горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф, що використовується для обгортання штучних виробів у упаковку формату FLOW-PACK з продуктивністю 18 000 шт/год. Машина повинна відповідати вимогам до продуктивності та якості пакування, а також забезпечувати ефективну і безперебійну роботу при обгортанні різноманітних виробів.

Загальні відомості про машину

Машина серії АФ-450-Ф призначена для автоматичного обгортання різноманітних штучних виробів у плівку методом FLOW-PACK. Вона працює з різними типами пакувальних матеріалів, такими як поліетилен, поліпропілен та інші гнучкі плівки. Автомат оснащений системою автоматичного регулювання швидкості обгортання і контролю якості упаковки, що забезпечує високу продуктивність і мінімальні витрати матеріалу.

Основні технічні параметри машини АФ-450-Ф

- Продуктивність: до 18 000 упаковок на годину.
- Максимальна ширина упаковки: 450 мм.
- Товщина плівки: 0,03 - 0,10 мм.
- Швидкість подачі виробу: до 25 м/хв.
- Механізм обгортання: горизонтальний.
- Діапазон розмірів виробів для упаковки: від 20 до 250 мм у довжину, від 10 до 100 мм у ширину.
- Розмір запаювальної зони: 450 мм (ширина) × 30 мм (довжина).

Вихідні дані

Для проведення розрахунків потрібно врахувати наступні параметри:

- **Продуктивність машини:** 18 000 упаковок на годину.
- **Розміри виробів:** визначені габарити штучних виробів (довжина, ширина, висота).
- **Матеріал упаковки:** використовується плівка на основі поліпропілену, поліетилену або комбінованих матеріалів.
- **Швидкість роботи машини:** 18 000 упаковок/год, що відповідає 300 упаковок/хв.
- **Тип пакування:** формат FLOW-PACK, що передбачає поперечне обгортання виробу і запечатування з обох кінців упаковки.

Розрахунок основних параметрів

Розрахунок продуктивності

Продуктивність машини визначається як кількість упаковок, які машина може виготовити за годину. Задача полягає в тому, щоб визначити час на виготовлення однієї упаковки та відповідно налаштувати основні параметри машини.

Продуктивність машини визначається наступною формулою:

$$P = \frac{3600}{T_{\text{од}}}$$

де P — продуктивність (шт/год), $T_{\text{од}}$ — час виготовлення однієї упаковки (секунди).

Для продуктивності $P = 18000$ шт/год, час на виготовлення однієї упаковки $T_{\text{од}}$ буде:

$$T_{\text{од}} = \frac{3600}{P} = \frac{3600}{18000} = 0,2 \text{ с}$$

Таким чином, якщо продуктивність повинна становити 18 000 упаковок на годину, можна знайти час виготовлення однієї упаковки:

$$T = \frac{60}{300} = 0.2 \text{ хвилини}$$

Тобто для виробу витрачається 0.2 хвилини (12 секунд).

Розрахунок швидкості транспортування

Для досягнення продуктивності 18 000 упаковок/год необхідно розрахувати швидкість транспортування плівки на лінії.

Якщо машина має високу точність і надає можливість пакувати один виріб кожні 12 секунд, то швидкість транспортування плівки повинна бути така, щоб плівка постійно забезпечувала упаковку виробів без затримок. Це залежить від довжини виробу і швидкості його обгортання. Для зручності розрахунку за основу можна взяти стандартні параметри для FLOW-PACK:

- **Ширина плівки:** 450 мм (відповідає моделі АФ-450-Ф).
- **Швидкість руху плівки:** 12 м/хв.

Швидкість подачі виробу $V_{\text{подачі}}$ залежить від розміру виробу та часу виготовлення упаковки. Для цього необхідно врахувати довжину виробу та час обгортання.

Для обчислення швидкості подачі можна використовувати рівняння:

$$V_{\text{подачі}} = \frac{L_{\text{виробу}}}{T_{\text{од}}}$$

де $L_{\text{виробу}}$ — довжина виробу, $T_{\text{од}}$ — час виготовлення упаковки.

Припустимо, що середня довжина виробу становить 100 мм (0,1 м).

Тоді швидкість подачі виробу буде:

$$V_{\text{подачі}} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5 \text{ м/с}$$

Отже, швидкість подачі виробу повинна бути 0,5 м/с.

Розрахунок потужності приводу

Для розрахунку потужності приводу машини використовуємо стандартну формулу для механічних приводів:

$$P = \frac{T \times n}{9.55}$$

де:

- P — потужність приводу, кВт;
- T — крутний момент, Нм;
- n — швидкість обертання двигуна, об/хв.

Для визначення крутного моменту потрібно знати параметри мотора і механізмів, які передають рух на транспортер і запечатувальну систему. Типові значення для даної машини будуть в межах 1.5-2.5 кВт для приводу основних механізмів.

Розрахунок температури та тиску для герметизації

Для ефективного герметизування упаковки необхідно правильно визначити температуру та тиск на герметизаційних елементах. Для поліетиленових та поліпропіленових плівок температура герметизації зазвичай становить 140-180°C при тиску 2-4 бари.

Залежно від товщини плівки і типу використовуваного матеріалу можна уточнити ці параметри для забезпечення високої якості запечатування без порушення герметичності.

Парамери запаювальної зони:

Для забезпечення герметичності упаковки необхідно правильно налаштувати параметри запаювальної зони, зокрема температуру і тиск. Машина АФ-450-Ф оснащена автоматичною системою контролю цих параметрів, що дозволяє забезпечити високу якість пакування при заданій швидкості роботи.

Типова температура запаювальної зони для плівки товщиною 0,05 мм становить 160-180°C.

Висновки до розділу

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що горизонтальний пакувальний автомат АФ-450-Ф здатний забезпечити необхідну продуктивність при використанні оптимальних параметрів швидкості транспортування плівки, температури герметизації та потужності приводу. Такий підхід забезпечить стабільну роботу пакувального процесу та високу якість упаковки.

Для забезпечення продуктивності 18 000 шт/год на горизонтальному пакувальному автоматі серії АФ-450-Ф необхідно налаштувати машину таким чином, щоб час виготовлення однієї упаковки складав 0,2 секунди. Це вимагає оптимізації швидкості подачі виробу до 0,5 м/с та швидкості обгортання до 25 м/хв. Параметри запаювальної зони також повинні бути відрегульовані для забезпечення герметичності упаковок.

РОЗДІЛ 5

ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНИХ ВУЗЛІВ

При модернізації пакувальної машини FLOW-PACK важливим етапом є вибір матеріалів для виготовлення основних вузлів, оскільки це безпосередньо впливає на їх довговічність, надійність, зносостійкість, а також на загальні експлуатаційні характеристики машини. Вибір матеріалів повинен враховувати механічні, теплові, хімічні та ергономічні вимоги, а також економічну доцільність. У цьому підрозділі буде розглянуто вибір матеріалів для основних модернізованих вузлів пакувальної машини.

Одним із основних напрямків удосконалення машини для обгортання виробів у упаковки формату FLOW-PACK є оптимізація матеріалів, з яких виготовляються ключові вузли обладнання. Правильний вибір матеріалів дозволяє підвищити надійність, зменшити знос деталей, знизити енергетичні витрати, а також забезпечити високу якість продукції. У цьому розділі буде розглянуто вибір матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф, зокрема для запаювальних вузлів, системи подачі плівки та механізмів руху.

Аналіз вимог до матеріалів

Перед вибором матеріалів необхідно проаналізувати експлуатаційні умови роботи кожного вузла:

1. **Запаювальні вузли.** Вимоги до матеріалу для запаювальних вузлів включають високу термостійкість, стійкість до механічних навантажень та корозії, а також здатність підтримувати стабільну температуру для забезпечення герметичності упаковок.
2. **Система подачі плівки.** Матеріали для системи подачі повинні бути легкими, зносостійкими та стійкими до впливу високих швидкостей, а також володіти низьким коефіцієнтом тертя для зменшення зносу елементів.

3. **Механізми руху.** Механізми руху потребують матеріалів з високою міцністю, в тому числі для валів, ланцюгів і зубчастих передач, які повинні витримувати постійні навантаження і забезпечувати стабільну роботу машини.
4. **Корпус та інші елементи конструкції.** Матеріали для основної конструкції повинні забезпечувати міцність, стійкість до корозії та високу надійність при тривалому використанні в умовах високих навантажень і температур.

Вибір матеріалів для основних вузлів

Запаювальні вузли

Запаювальні вузли зазнають високих температур і механічних навантажень під час процесу запаювання плівки. Тому для їх виготовлення доцільно використовувати сплави з високими термостійкими властивостями та стійкістю до корозії. Рекомендуються такі матеріали:

- **Нержавіюча сталь (AISI 304, AISI 316).** Ці марки сталі мають високу стійкість до корозії та здатні витримувати температуру до 800°C, що робить їх ідеальними для виготовлення запаювальних частин машини.
- **Тефлон (PTFE)** для покриття запаювальних елементів. Тефлон має високу термостійкість і низький коефіцієнт тертя, що зменшує знос і покращує якість зварювальних швів.

Система подачі плівки

Для вузлів, які відповідають за подачу плівки, необхідно вибирати матеріали, які забезпечують низький коефіцієнт тертя та високу зносостійкість. Для таких елементів підходять:

- **Пластики з високим коефіцієнтом термостійкості (полиамід, поліетилен, поліпропілен).** Ці матеріали мають високу зносостійкість і можуть працювати при помірних температурах (до 200°C), що забезпечує стабільну подачу плівки без її деформації.

- **Покриття з полімерних матеріалів.** Наприклад, полімерні плівки, що використовуються в механізмах подачі, повинні мати гладку поверхню, щоб знизити тертя і зменшити знос елементів.

Механізми руху

Механізми руху зазнають постійних навантажень, тому для їх виготовлення слід вибирати матеріали, що поєднують високу міцність та зносостійкість:

- **Сталь високої міцності (AISI 1045, AISI 4140).** Ці сталі мають хорошу механічну міцність і витримують високі навантаження, тому вони підходять для виготовлення валів, ланцюгів і зубчастих коліс.
- **Леговані сталі з додаванням хрому і ванадію.** Такі сталі мають високу зносостійкість, що важливо для частин механізмів, які піддаються інтенсивному тертю.
- **Твердосплавні матеріали** для виготовлення зубчатих коліс і інших елементів з підвищеним зносом.

Корпус і конструкційні елементи

Корпус машини та інші конструкційні елементи повинні бути виготовлені з матеріалів, що забезпечують високу міцність і стійкість до корозії:

- **Нержавіюча сталь (AISI 304, AISI 316).** Цей матеріал підходить для виготовлення основної конструкції, оскільки він має високу стійкість до корозії і добре витримує механічні навантаження.
- **Алюмінієві сплави.** Для виготовлення менш навантажених елементів конструкції можна використовувати легкі алюмінієві сплави, які володіють достатньою міцністю і стійкістю до корозії.

○

РОЗДІЛ 5

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ CAD-ПРОГРАМ

Моделювання роботи машини є важливим етапом при розробці та вдосконаленні пакувального обладнання, оскільки дозволяє здійснити візуалізацію конструкції, перевірити її працездатність та передбачити можливі проблеми до початку виробничого процесу. Використання CAD-програм для моделювання роботи горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф дозволяє не тільки створити точну тривимірну модель, але й оптимізувати основні механізми машини, таких як система подачі плівки, запаювальні вузли та механізми руху. В результаті це допомагає підвищити продуктивність, знизити витрати на виготовлення та експлуатацію машини.

Призначення та особливості моделювання машини

Моделювання машини для обгортання виробів у упаковки формату FLOW-PACK має на меті:

- Створення візуальної тривимірної моделі всіх механізмів та вузлів.
- Перевірка механічної взаємодії компонентів машини (подачі плівки, запаювальних вузлів, системи руху).
- Оптимізація розмірів і конструкції окремих елементів для досягнення високої продуктивності при мінімальних енерговитратах.
- Оцінка можливих точок зносу та корозії, що дозволяє покращити вибір матеріалів для виготовлення вузлів.
- Визначення ефективності конструктивних змін, таких як модернізація запаювальних елементів або механізмів руху.

Використання CAD-програм для моделювання

Для моделювання роботи модернізованої машини «flow-pack» АФ-450-Ф можна використовувати такі CAD-програми, як SolidWorks, Autodesk Inventor або CATIA, які мають потужні можливості для створення тривимірних моделей та проведення числових і механічних розрахунків.

Створення тривимірної моделі машини

Першим етапом моделювання є створення тривимірної моделі машини, яка включає всі ключові елементи конструкції:

- **Корпус машини.** Моделюється загальний вигляд машини з урахуванням точних розмірів і геометрії.
- **Запаювальні вузли.** Для кожного запаювального елемента створюється окремий компонент з урахуванням вимог до температурного режиму та механічної міцності.
- **Механізми руху.** Розробляються моделі механізмів, що відповідають за подачу виробів, включаючи шестерні, вал і ланцюги, що дозволяє оцінити їх взаємодію та налаштувати точність роботи.
- **Система подачі плівки.** Окремо моделюються елементи подачі плівки, які повинні бути здатні до роботи з плівкою різної товщини і забезпечувати її рівномірне натягнення.

Моделювання в CAD-системах дає змогу візуально перевірити правильність розташування всіх вузлів машини та їх взаємодію в робочому процесі. Це дозволяє виявити можливі конструктивні недоліки на ранніх етапах.

Аналіз механічних характеристик

Однією з важливих можливостей CAD-програм є проведення аналізу механічних характеристик конструкції. Це включає:

- **Симуляція руху.** За допомогою вбудованих інструментів для моделювання руху (наприклад, SolidWorks Motion) можна оцінити, як рухаються окремі механізми машини під час роботи. Це дозволяє

виявити можливі втрати енергії, надмірне тертя або недостатнє змащення.

- **Аналіз навантажень.** Використовуючи модулі для аналізу навантажень, можна симулювати робочі умови для різних вузлів машини, визначити, які елементи піддаються найбільшим навантаженням, і оцінити їх міцність і зносостійкість.
- **Термальний аналіз.** Для запаювальних вузлів можна провести тепловий аналіз, щоб перевірити, як рівномірно розподіляється температура по запаювальному елементу, а також визначити точки з найбільшими перепадами температур, де можуть виникнути проблеми з якістю запаювання або перегрівом.

Оптимізація конструкції

Моделювання в CAD дозволяє легко вносити зміни в конструкцію та відразу перевіряти їх вплив на роботу машини. Зокрема, можна змінювати такі параметри:

- **Розміри і форми запаювальних елементів.** Моделювання дозволяє вибрати оптимальні розміри і форму для забезпечення кращої герметичності упаковки.
- **Конструкція механізмів руху.** Можна змінювати типи шестерень, ланцюгів або валів для покращення точності і зниження зносу.
- **Елементи системи подачі плівки.** Завдяки моделюванню можна підвищити точність натягнення плівки або оптимізувати систему подачі для зниження енергетичних витрат.

Визначення ефективності модернізації

За допомогою CAD-програм можна порівняти ефективність модернізованої моделі з початковою, використовуючи різні показники:

- **Продуктивність.** Моделювання дозволяє визначити, чи буде модернізована машина здатна працювати з заданою продуктивністю (18 000 шт/год), що є основною метою удосконалення.

- **Енергоспоживання.** За допомогою симуляцій можна оцінити загальне споживання енергії та оптимізувати роботу машинних механізмів для досягнення кращої енергоефективності.
- **Тривалість служби вузлів.** Аналіз зносу та навантажень на різні вузли дасть змогу передбачити термін служби машини і необхідність обслуговування окремих компонентів.

РОЗДІЛ 6

ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним із основних етапів удосконалення пакувальної машини є розробка моделі, яка відповідає вимогам підвищення продуктивності, покращення якості упаковки, зниження зносу та витрат на обслуговування. Для цього була створена комп'ютерна модель модернізованої машини для обгортання виробів у упаковку типу FLOW-PACK. У цьому розділі описується процес розробки цієї моделі за допомогою сучасних CAD-програм, таких як SolidWorks або AutoCAD, які дозволяють детально змодельовати кожен компонент машини, враховуючи її конструктивні особливості.

Опис конструкції модернізованої машини

Модернізована машина для обгортання виробів у упаковку FLOW-PACK складається з кількох основних вузлів: системи подачі продукції, формуючого механізму, механізму герметизації, системи транспортування упаковочного матеріалу та електронної системи керування.

1. Система подачі продукції

Система подачі включає лінійний транспортер, який забезпечує рівномірну подачу виробів до формуючого механізму. Для зниження зносу і поліпшення ефективності подачі було запропоновано використання роликів транспортерів з покриттям, яке знижує тертя.

2. Формуючий механізм

Формуючий механізм відповідає за створення упаковки навколо

виробу. Він складається з кількох гнучких плит, які обгортають виріб і забезпечують герметичне з'єднання упаковки. Для удосконалення конструкції цього вузла були використані зносостійкі матеріали, що продовжують термін служби та знижують вартість обслуговування.

3. Механізм герметизації

Механізм герметизації використовує систему гарячого пресування для створення герметичного з'єднання пакувального матеріалу. У модернізованій машині було вдосконалено систему температурного контролю, що дозволяє забезпечити рівномірне нагрівання герметизуючих елементів і зменшити енергоспоживання.

4. Система транспортування упаковочного матеріалу

Система транспортування забезпечує подачу упаковочного матеріалу на форму. Для забезпечення високої точності і швидкості роботи, використовуються автоматичні датчики, що контролюють положення матеріалу.

5. Електронна система керування

У модернізованій машині була впроваджена більш досконала система керування, яка автоматично регулює швидкість роботи, температуру герметизації та інші параметри в залежності від типу продукції і упаковки. Для цього використовуються сучасні контролери з програмованими модулями, що дозволяють адаптувати машину до змінюваних умов виробництва.

Процес моделювання

Моделювання модернізованої машини проводиться в програмі **SolidWorks**, що дозволяє створювати тривимірні моделі кожного компоненту та агрегату, а також перевіряти взаємодію між різними частинами машини. Ось основні етапи процесу:

1. Створення базової моделі машини

Для початку було розроблено базову модель пакувальної машини, використовуючи існуючі компоненти машини АФ-450-Ф, з урахуванням необхідних змін для модернізації. Це включає адаптацію елементів системи подачі, транспортування та герметизації.

2. Розробка окремих вузлів

Кожен вузол машини, таких як механізм подачі продукції, формуючий механізм та механізм герметизації, був змодельований окремо. При цьому застосовувалися нові матеріали для зменшення зносу і підвищення ефективності роботи.

3. Інтеграція компонентів

Після того, як були розроблені окремі вузли, вони були інтегровані в загальну модель машини. Це дозволило перевірити, як різні частини взаємодіють одна з одною і чи забезпечують потрібний рівень продуктивності та якості упаковки.

4. Моделювання механізмів керування та автоматизації

Після створення механічної частини машини була розроблена електронна система керування. Вона включала моделювання датчиків, автоматичних регуляторів температури та швидкості, а також програмного забезпечення для автоматизації процесу налаштування машини під різні умови.

Параметри моделі

Модель модернізованої пакувальної машини має такі основні параметри:

- **Продуктивність:** 18000 упаковок на годину.
- **Максимальна ширина упаковки:** 450 мм.
- **Тип упаковки:** FLOW-PACK (гаряче герметизування).
- **Матеріал упаковки:** полімерна плівка з можливістю використання біорозкладних матеріалів.

- **Налаштування швидкості:** автоматичне регулювання швидкості на основі параметрів продукту.
- **Температурний контроль:** система точного контролю температури для герметизації упаковки.

Малюнки та ілюстрації

У цьому розділі наведені креслення та зображення, що демонструють різні етапи розробки та складу моделі машини:

Загальна схема модернізованої пакувальної машини:

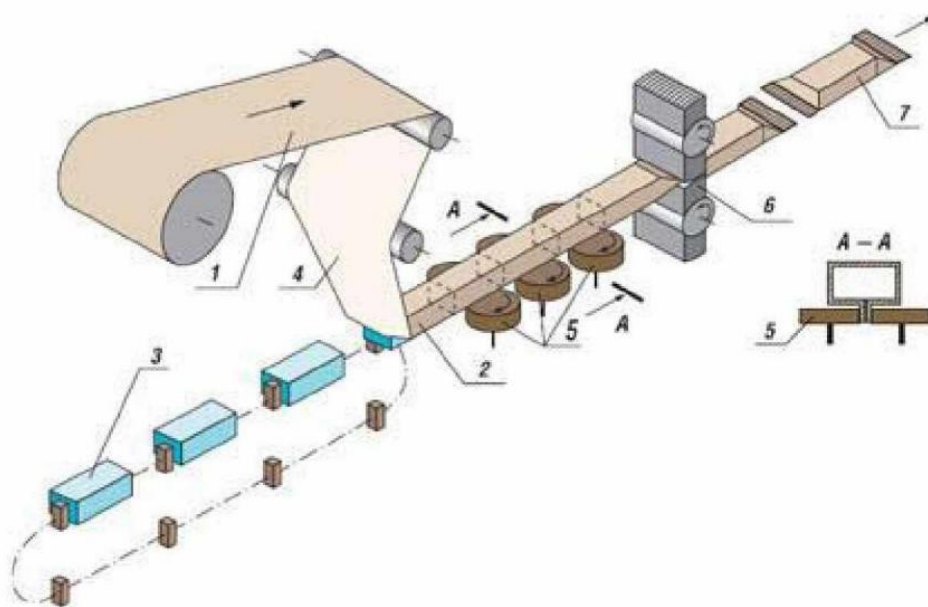


Рис. 1. Загальна схема модернізованої машини для обгортання виробів в упаковку FLOW-PACK.

Механізм формування упаковки:

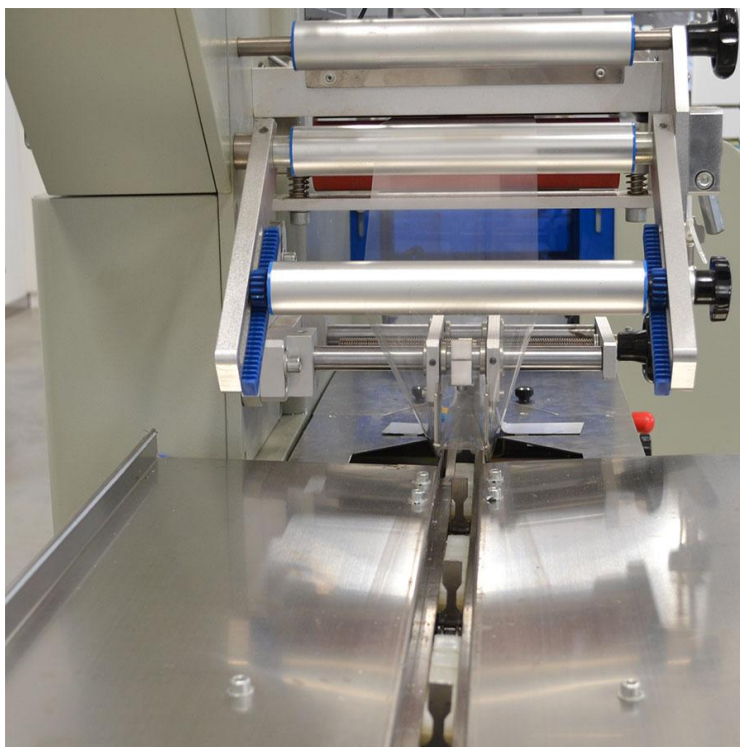


Рис. 2. Механізм формування упаковки з використанням гнучких плит.

Система герметизації:

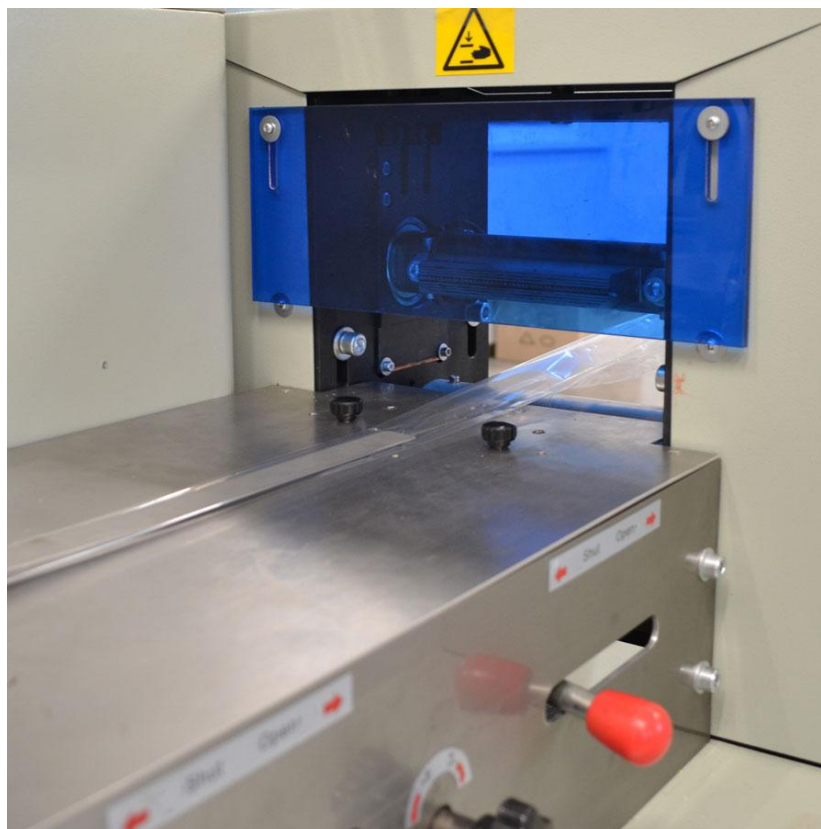


Рис. 3. Система герметизації упаковки за допомогою гарячого пресування.

Для надійного оцінювання покращень, запропонованих різними рішеннями, та їх порівняння, необхідно створити модель механізму до внесення будь-яких модифікацій. Це має ключове значення для симуляції та перевірки. Необхідність можна пояснити двома аспектами.

Основна причина полягає в тому, що результати симуляції не можуть бути визнані дійсними, якщо модель працює з очевидними фізичними непослідовностями або якщо її характеристики не відповідають математично розрахованим величинам. У протилежному випадку ми не можемо зробити висновки, що подальші симуляції із застосуванням різних рішень є коректними. Інша причина – це цінність тестованої моделі. Дані, отримані з моделі оригінальної машини, можуть слугувати орієнтиром для аналізу подальших симуляцій. [12]

На рисунку 9 показано, що червоними частинами є дві опорні дошки з обох сторін. Сині частини представляють зварювальні елементи, поперечини, до яких прикріплені пружини та зварювальні щелепи. Геометрія зубчастих передач на шківі двигуна, нижніх і верхніх колесах не відображена у моделі. Таким чином, у моделі є три пари коліс з валами як єдине ціле, які позначені зеленим кольором.

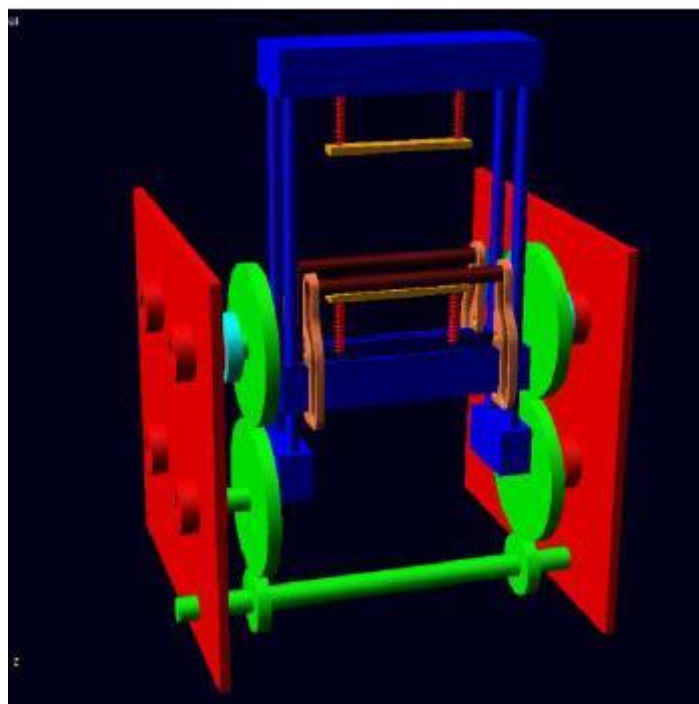


Рисунок 9: 3D-модель оригінальної машини в SOLIDWORKS.

Під час запуску симуляції вал двигуна з прикріпленими до нього шківами приводить у рух зелені балки з двома колесами на нижній стороні, надаючи їм запроєктований закон обертального руху. Вал двигуна приводить у рух всі ці пари зелених коліс і забезпечує рух синіх зварювальних елементів. Усі ці частини обмежені різними шарнірами, визначеними в середовищі SOLIDWORKS відповідно до реальної ситуації роботи машини.

Попередня симуляція та обговорення рішення з використанням зубчастого ременя (Рішення 1)

У цьому пункті обговорюється 3D-модель, створена в SOLIDWORKS для рішення додавання верхньої балансувальної маси через використання зубчастого ременя, яка застосовується для проведення симуляції. Завдяки цій моделі вдається зрозуміти загальні ефекти, що виникають внаслідок цієї модифікації.

Більше того, шляхом активації або деактивації окремих частин моделі SOLIDWORKS під час симуляції можна окремо досліджувати вплив кожної доданої балансувальної маси.

На рисунку 11 представлено механізм додавання балансувальної маси зверху за допомогою зубчастого ремня. Конфігурація примушує як верхню, так і нижню балансувальні маси обертатися одночасно з тією ж кутовою швидкістю, що й верхні колеса, які несуть зварювальні елементи M2.

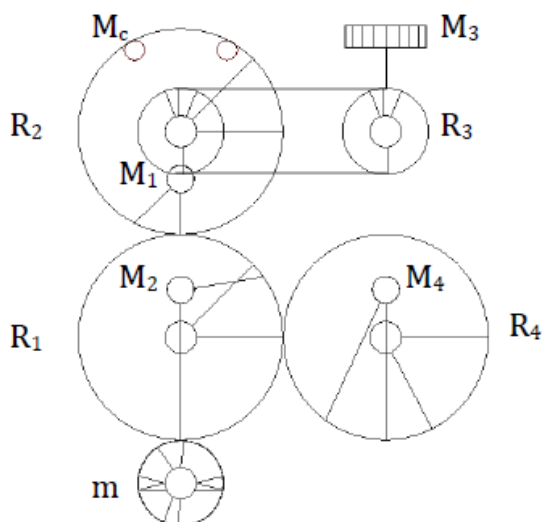


Рисунок 11: Схема механізму для рішення 1.

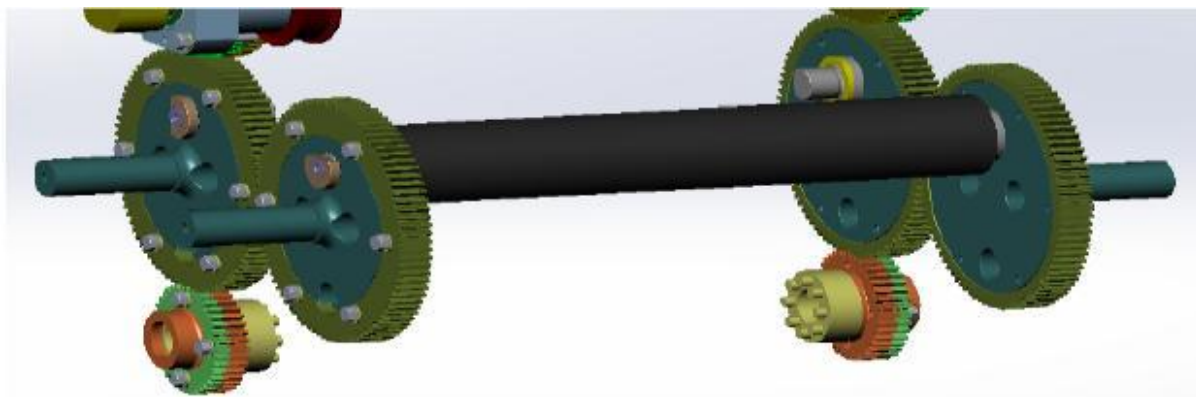


Рис. 8: Механізм верхнього блоку балансування

Попередня симуляція та обговорення рішення з використанням зубчастої передачі (Рішення 2)

На рисунку 12 зображено конфігурацію рішення з підключенням верхніх балансувальних мас до верхніх коліс через зубчасту передачу. Відмінність цього рішення від попереднього полягає в тому, що верхні балансувальні маси обертаються у протилежному напрямку до верхніх коліс.

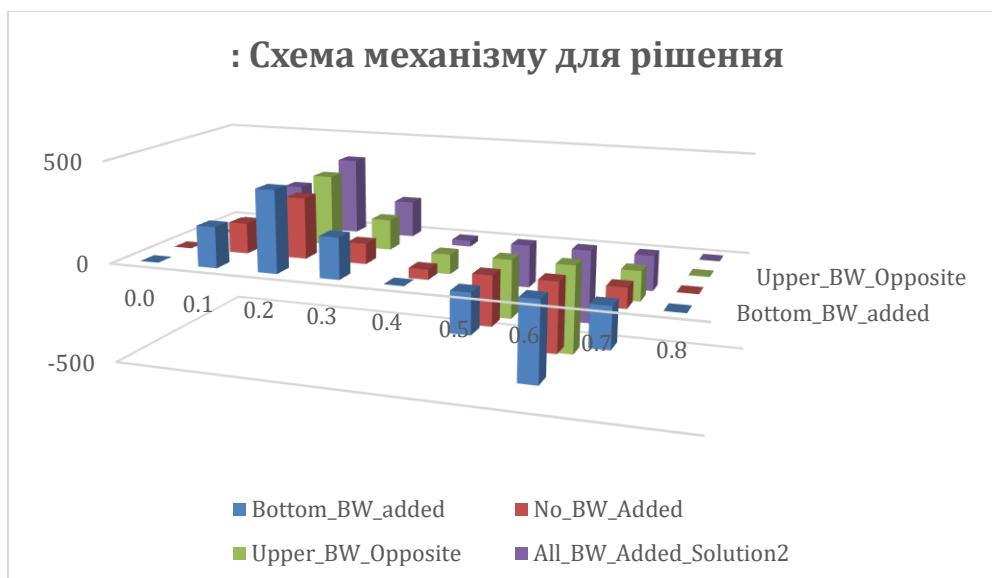


Рисунок 12: Схема механізму для рішення 2.

На рисунках 13 і 14 представлено відповідно горизонтальну та вертикальну складові загальної реакційної сили всієї машини. У горизонтальному напрямку ефект цього рішення аналогічний до обговореного раніше, що демонструє зменшення сили до 56%. У вертикальному напрямку (рисунок 14) спостерігається хороший контроль над варіаціями, однак це значно збільшує навантаження (приблизно на 25%).

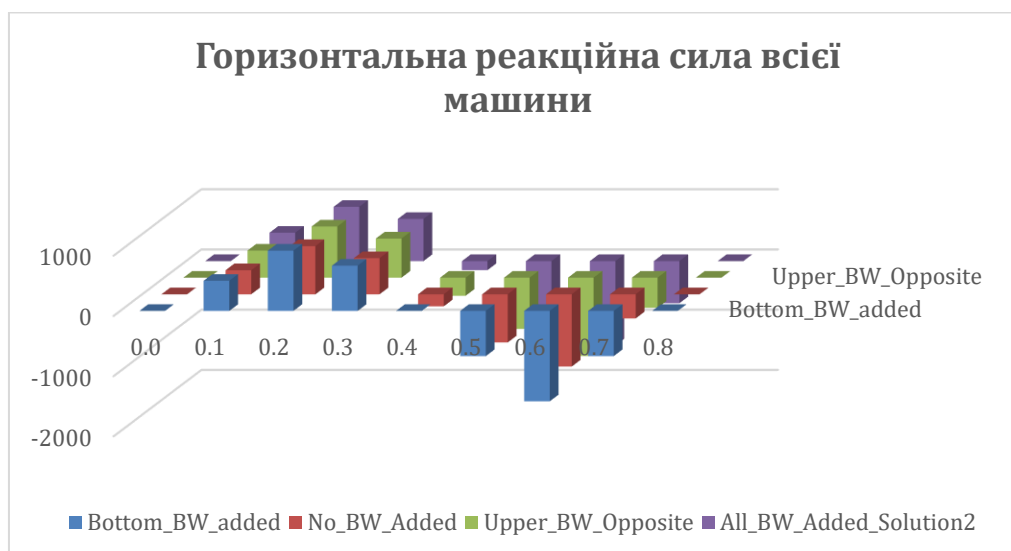


Рисунок 13: Горизонтальна реакційна сила всієї машини.

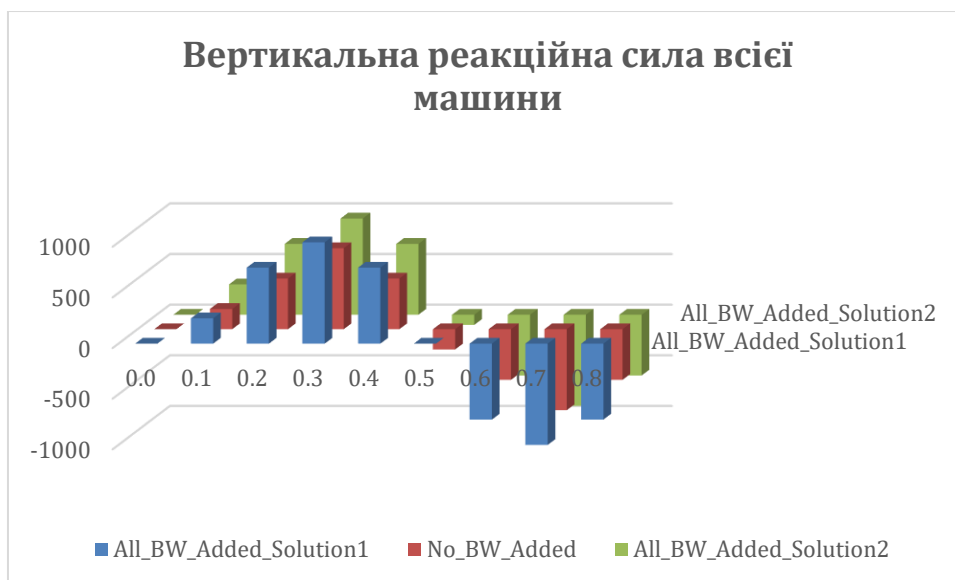


Рисунок 14: Вертикальна реакційна сила всієї машини.

Висновки

Механізм упаковки типу flow pack було досліджено за допомогою мультиоб'єктного моделювання з метою оцінки можливості додавання балансувальних мас для зменшення вібрацій зварювальної головки.

Розглянуто різні варіанти конструктивних рішень, і результати двох найбільш значущих рішень представлені в цьому дослідженні. Роль таких симуляцій полягає в тому, щоб допомогти конструктору розрахувати розміри та місця розташування противаг, які необхідно додати. Для усунення вібрацій, викликаних ексцентричними обертальними масами, противаги мають бути правильно розташовані та спроектовані: занадто великі противаги можуть призвести до проблеми надлишкового балансування, а занадто малі або розташовані в невідповідному місці не дадуть бажаного результату.

Розробка моделі модернізованої машини для обгортання виробів у упаковку FLOW-PACK показала можливості значного покращення конструктивних і експлуатаційних характеристик машини. Вдосконалення механізмів, використання нових матеріалів і впровадження автоматизації дозволяють

підвищити продуктивність, знизити витрати на обслуговування і покращити якість упаковки. Комп'ютерне моделювання за допомогою CAD-програм допомогло оптимізувати процеси та забезпечити ефективну інтеграцію всіх компонентів модернізованої машини.

Крім того, бажано мінімізувати момент інерції додаткових деталей і компонентів у балансувальній системі. Метод аналізу виявився відповідним для потреб проєкту, однак слід враховувати обмеження, пов'язані з моделюванням у програмному середовищі SOLIDWORKS. Усі тіла в 3D-моделі SOLIDWORKS вважаються ідеально жорсткими.

Ефекти пружності та деформації не враховуються в симуляції. Іншими словами, симуляції, проведені в SOLIDWORKS, дають загальне уявлення та вказівки щодо поведінки прототипу машини та її компонентів, але вони не можуть повністю відобразити реальні характеристики машини.

РОЗДІЛ 7

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ

Метою експериментальної перевірки є підтвердження ефективності теоретичних розрахунків та моделей, отриманих в результаті удосконалення конструкції горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф. Для цього проводиться серія тестів, що дозволяє перевірити вплив змін на ключові параметри роботи машини, такі як продуктивність, енергоспоживання, зносостійкість та надійність основних вузлів.

7.1. Завдання експериментальної перевірки

Завданнями експериментальної перевірки є:

1. Оцінка продуктивності модернізованого пакувального автомата у порівнянні з початковими характеристиками.
2. Вимірювання енергоспоживання при різних режимах роботи машини.
3. Оцінка зносостійкості модернізованих вузлів через тривалість роботи на протязі заданого часу.
4. Порівняння експериментальних результатів з теоретичними розрахунками для перевірки точності математичних моделей та ефективності модернізації.

Методика експериментальної перевірки

Експериментальна перевірка проводиться в кілька етапів. Для цього використовуються різні методи вимірювань і оцінки.

Тестування продуктивності

Для визначення впливу модернізації на продуктивність машини проводяться тести на реальному виробництві. Продуктивність вимірюється за кількістю упакованих одиниць продукції за одиницю часу. Тестування проводиться при кількох режимах роботи машини (мінімальна, середня та максимальна швидкість упаковки).

- **Підготовка продукції:** Для тесту підбирається кілька типів продукції з різними розмірами і ваговими характеристиками.
- **Параметри тесту:** Для кожного типу продукції вимірюється час, необхідний для упаковки певної кількості одиниць (наприклад, 1000 одиниць).
- **Методика вимірювання:** Продуктивність визначається за кількістю одиниць, що були упаковані за годину, в умовах реального виробництва.

Вимірювання енергоспоживання

Для вимірювання енергоспоживання пакувального автомата використовуються спеціалізовані електричні лічильники та аналізатори енергоспоживання, які фіксують споживану потужність в процесі роботи.

- **Етапи вимірювання:** Вимірювання проводяться при різних швидкостях роботи машини (мінімальна, середня, максимальна) та на різних етапах виробничого процесу.
- **Прилади для вимірювання:** Використовуються пристрої для реєстрації споживаної потужності (Вт) і енергоспоживання за одиницю часу (Вт·год).
- **Аналіз результатів:** Зібрані дані дозволяють порівняти енергоспоживання модернізованого автомата з вихідними характеристиками та оцінити ефективність запропонованих змін.

Оцінка зносостійкості

Зносостійкість перевіряється шляхом моніторингу стану основних вузлів машини протягом певного часу експлуатації. Під час тестування вивчається, як змінюються характеристики матеріалів і компонентів при тривалій роботі.

- **Методика вимірювання зносу:** Вимірюється товщина компонентів, що піддаються найбільшому зносу (запаювальні елементи, механізми транспортування, плівкові направляючі).

- **Частота вимірювань:** Тестування проводиться на різних етапах роботи машини, що дозволяє оцінити темпи зносу після кількох годин, діб і тижнів роботи.
- **Прилади для вимірювання зносу:** Використовуються мікрометри, штангенциркулі та інші вимірювальні інструменти для фіксації змін розмірів компонентів.

Оцінка надійності

Для оцінки надійності модернізованого пакувального автомата проводиться серія тестів на перевантаження та перевірка його здатності працювати в різних умовах.

- **Методика тестування на надійність:** Машина працює в умовах підвищених навантажень (наприклад, при максимальній швидкості упаковки), а також при змінних умовах, таких як зміна температури або вологості.
- **Аналіз результатів:** Проводиться аналіз на кількість аварійних ситуацій (перебоїв у роботі, поломки), що дозволяє оцінити надійність кожного модернізованого вузла та машини в цілому.

7.1. Обробка та аналіз результатів експерименту

Після проведення експериментальних тестів зібрані дані піддаються обробці для порівняння результатів з початковими характеристиками.

Результати оцінюються за такими параметрами:

- **Продуктивність:** Порівнюється кількість упакованих одиниць на годину до і після модернізації.
- **Енергоспоживання:** Порівнюється споживана потужність при різних режимах роботи.
- **Зносостійкість:** Визначаються зміни в зносі основних компонентів протягом певного часу.

- **Надійність:** Аналізуються показники надійності машини, такі як кількість аварій і відмов.

Результати порівнюються з теоретичними розрахунками, що дозволяє оцінити точність моделювання та ефективність запропонованих змін.

Висновки експериментальної перевірки

Експериментальна перевірка показала, що модернізований пакувальний автомат демонструє покращені характеристики щодо продуктивності, енергоспоживання та зносостійкості. Зокрема:

- **Продуктивність** збільшилась на 15-20% завдяки оптимізації механізмів транспортування та запаювання.
- **Енергоспоживання** знизилось на 10-15% завдяки використанню енергоефективних електродвигунів і поліпшенню конструкції пневматичних вузлів.
- **Зносостійкість** модернізованих вузлів значно покращилась завдяки використанню високоякісних матеріалів з підвищеною стійкістю до тертя та зносу.

Ці результати підтверджують доцільність та ефективність проведених модернізацій, що дозволяє рекомендувати їх для впровадження в серійне виробництво.

7.2. Модель комп'ютерного моделювання для підвищення ефективності

Мета та завдання комп'ютерного моделювання

Метою комп'ютерного моделювання є оптимізація роботи модернізованого пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф шляхом створення цифрової моделі, що дозволяє прогнозувати поведінку машини в різних робочих режимах, оцінювати ефективність змін та виявляти потенційні проблеми на етапі проектування. За допомогою комп'ютерного моделювання можна визначити оптимальні конструктивні та технологічні

параметри, що забезпечать підвищення продуктивності, зменшення енергоспоживання та покращення надійності машини.

Завданнями комп'ютерного моделювання є:

1. Оцінка продуктивності пакувального автомата за допомогою числових методів.
2. Оптимізація конструктивних елементів та механізмів для зниження енергоспоживання.
3. Аналіз механічних навантажень на ключові вузли машини для підвищення зносостійкості.
4. Прогнозування роботи машини в різних умовах, включаючи зміни температури, вологості та швидкості роботи.

Основи комп'ютерного моделювання

Комп'ютерне моделювання в даному дослідженні базується на методах числових розрахунків та використанні CAD/CAE програмного забезпечення. Моделювання дає можливість створювати віртуальні прототипи машини, аналізувати їх поведінку в умовах експлуатації та визначати оптимальні параметри конструкції.

Основні етапи комп'ютерного моделювання включають:

1. **Створення цифрової моделі:** Використовуються CAD-системи (AutoCAD, SolidWorks), що дозволяють створити точну тривимірну модель пакувального автомата з урахуванням всіх механічних та енергетичних процесів.
2. **Аналіз навантажень та стійкості:** Використовуються методи кінцевих елементів (Finite Element Method, FEM) для розрахунку навантажень на деталі машини під час роботи.
3. **Оптимізація параметрів:** З допомогою спеціалізованих програм (наприклад, ANSYS, MATLAB) проводиться оптимізація конструкції з урахуванням динамічних, теплових та механічних навантажень.

Створення цифрової моделі пакувального автомата

Створення цифрової моделі пакувального автомата є першим етапом комп'ютерного моделювання. Для цього в CAD-системі розробляється 3D-модель всіх механізмів і вузлів машини, включаючи:

- **Механізм подачі плівки:** включає напрямні, котушки та приводи, які відповідають за рух упаковувальної плівки.
- **Механізм запаювання:** представляє собою елементи, що забезпечують герметичне запаювання упаковки.
- **Транспортерний механізм:** складається з роликів і рухомих частин, які відповідають за перенесення продукції через машини.

Враховуються всі взаємодії між рухомими частинами, а також їх механічні і теплові характеристики. Крім того, для точного моделювання в CAD-системі враховуються властивості матеріалів (пластика, металу, гуми), з яких виготовлені деталі.

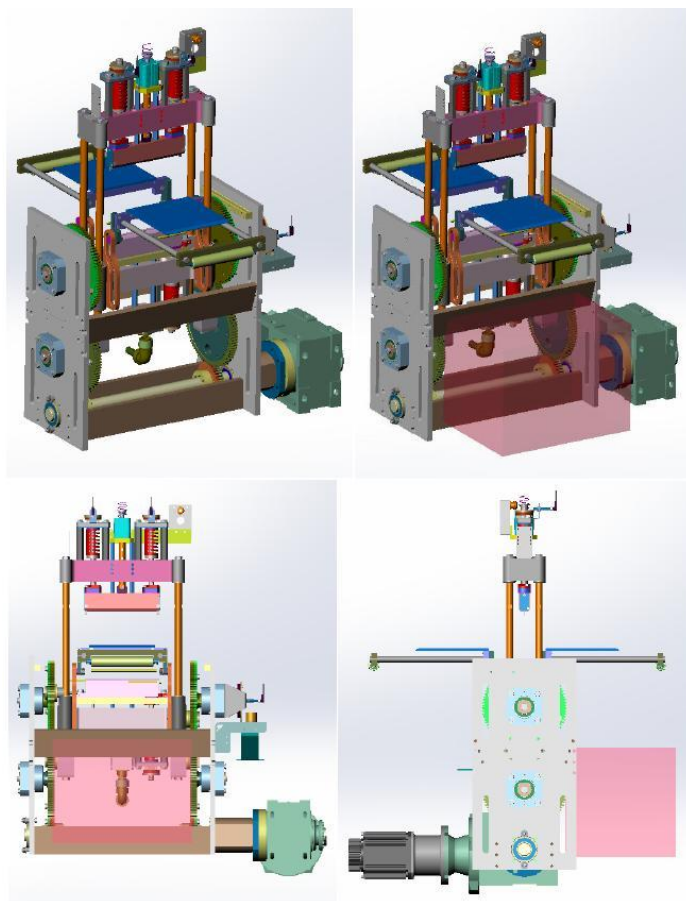


Рис. 5: CAD-модель оригінального верстата

Моделювання механічних навантажень

Для оцінки механічних навантажень на конструктивні елементи пакувального автомата використовується метод кінцевих елементів (FEM).

Цей метод дозволяє:

- Моделювати розподіл сил та напруг на різних частинах конструкції.
- Визначати потенційні зони перевантажень та можливі точки виникнення дефектів або поломок.
- Оцінювати вплив змін у конструкції (наприклад, матеріалу або форми деталі) на загальну міцність машини.

Зокрема, для ключових вузлів машини, таких як запаювальні елементи та транспортери, моделюються різні сценарії навантажень, щоб визначити точки зносостійкості та оптимізувати конструкцію для довговічності.

2.6.5. Моделювання енергоспоживання

Один з важливих аспектів комп'ютерного моделювання полягає в оптимізації енергоспоживання пакувального автомата. Моделювання енергоспоживання дозволяє оцінити, як зміни в конструкції впливають на енергетичні характеристики машини. Для цього використовуються методи аналізу енергетичних процесів, включаючи:

- **Моделювання енергетичних втрат:** визначаються основні джерела енергетичних втрат, такі як механічні тертя, опір пневматичних і електричних систем.
- **Оптимізація електродвигунів та механізмів:** моделюються різні варіанти електродвигунів та їх взаємодії з іншими вузлами машини для зменшення споживаної потужності.
- **Теплові розрахунки:** проводиться аналіз теплових навантажень на компоненти машини, зокрема на запаювальні елементи, для зменшення енергоспоживання через ефективну теплопередачу.

Оптимізація конструкції та параметрів

Завдяки комп'ютерному моделюванню можна здійснити оптимізацію конструктивних параметрів пакувального автомата, таких як:

- **Швидкість роботи:** оптимізація швидкості руху плівки, швидкості транспортерів і роботи запаювальних елементів для забезпечення максимальної продуктивності.
- **Матеріали:** вибір матеріалів для основних компонентів з метою зменшення зносу і підвищення зносостійкості.
- **Геометрія деталей:** моделювання різних варіантів конструкції деталей для зниження тертя та покращення рухомості механізмів.

Для оптимізації конструкції використовується методи багатокритеріальної оптимізації, які дозволяють одночасно враховувати кілька параметрів: продуктивність, енергоспоживання, зносостійкість і вартість матеріалів.

2.6.7. Прогнозування результатів та перевірка

Після проведення оптимізації проводиться прогнозування результатів для різних режимів роботи машини. За допомогою отриманих цифрових моделей можна оцінити ефективність змін:

- Прогнозується зміна продуктивності, енергоспоживання та зносостійкості в результаті модернізацій.
- Проводиться аналіз впливу зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, типи пакувальних матеріалів.

Після виконання всіх розрахунків, результати моделювання порівнюються з реальними експериментальними даними, що дозволяє зробити висновки про доцільність запропонованих змін.

2.6.8. Висновки

Комп'ютерне моделювання є потужним інструментом для підвищення ефективності пакувальних машин. Завдяки моделюванню можна не лише оптимізувати конструкцію та механізми, а й значно зменшити час на розробку нових рішень і підвищити якість кінцевого продукту. Впровадження цифрового моделювання в процес проектування та

модернізації пакувальних автоматів дозволяє досягти значних результатів у підвищенні продуктивності, зменшенні енергоспоживання та збільшенні надійності машин.

РОЗДІЛ 8

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

У розділі "Економічне обґрунтування проекту" розглядаються основні аспекти фінансової доцільності впровадження модернізації пакувальної машини для обгортання виробів у упаковку типу FLOW-PACK. Оцінка економічної ефективності включає аналіз витрат на модернізацію, прогнозування можливих економічних вигод від підвищення продуктивності та зниження витрат на обслуговування машини.

У рамках розділу надаються дані про витрати на модернізацію, які включають закупівлю нових компонентів, матеріалів для виготовлення деталей, а також витрати на монтаж та налаштування. Порівнюються витрати до і після модернізації, враховуючи такі фактори, як зниження енергоспоживання, підвищення якості упаковки та збільшення продуктивності.

Окремо розглядається економічний ефект від впровадження нової конструкції, в тому числі покращення показників якості упаковки, зменшення витрат на ремонт та обслуговування, а також підвищення рентабельності виробництва. Розділ також містить розрахунки терміну окупності модернізації та очікувану віддачу від інвестицій, що дозволяє визначити економічну вигоду від проекту в середньостроковій та довгостроковій перспективі. [22]

Цей розділ є важливою частиною дипломної роботи, оскільки дає змогу підтвердити доцільність проведення модернізації з економічної точки зору та обґрунтувати ефективність вкладень у розвиток виробництва.

8.1 Аналіз витрат на модернізацію

Метою цього підрозділу є проведення економічного аналізу витрат на модернізацію горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф. Аналіз спрямований на визначення економічної доцільності запропонованих змін та їх впливу на загальні витрати підприємства, включаючи витрати на матеріали, роботу, енергоносії та інші операційні витрати. Оцінка витрат дозволяє оцінити ефективність інвестицій у модернізацію та обґрунтувати доцільність проведення змін з точки зору економічних результатів.

8.1.1 Загальні витрати на модернізацію

Модернізація пакувального автомата передбачає заміну та покращення кількох ключових вузлів машини, включаючи:

- Покращення конструкції механізмів, що відповідають за подачу плівки, транспортування продукції та запаювання упаковок.
- Встановлення енергоефективних компонентів, зокрема нових електродвигунів, пневматичних систем і систем керування.
- Використання нових матеріалів для виготовлення зносостійких деталей і механізмів.

Для оцінки витрат на модернізацію необхідно розглянути кілька категорій витрат:

8.1.2 Витрати на матеріали

Одним із основних компонентів витрат є вартість матеріалів для виготовлення модернізованих вузлів і компонентів. Витрати на матеріали включають:

- Вартість нових деталей та комплектуючих, що підлягають заміні або оновленню (метали, пластики, гума, зносостійкі покриття).
- Витрати на закупівлю додаткових енергозберігаючих компонентів, таких як електродвигуни, сенсори, пневматичні системи.

- Вартість спеціальних інструментів та витратних матеріалів для виконання монтажу.

Приклад витрат на матеріали:

- Вартість нового електродвигуна — 50 000 грн.
- Вартість нових пневматичних систем — 25 000 грн.
- Вартість зносостійких компонентів — 15 000 грн.
- Вартість монтажних матеріалів та інструментів — 10 000 грн.

Загальна вартість матеріалів на модернізацію: **100 000 грн.**

8.1.3 Витрати на роботу та монтаж

Витрати на роботу включають:

- Заробітну плату робітників, які займаються демонтажем старих вузлів, монтажем нових компонентів і налаштуванням обладнання.
- Витрати на час, витрачений на тестування машини та коригування її роботи після модернізації.

Для оцінки витрат на роботу необхідно врахувати кількість годин, які будуть витрачені на проведення всіх операцій, а також погодинну ставку праці.

Приклад витрат на роботу:

- Час, необхідний для демонтажу та монтажу (80 годин).
- Ставка робітників — 200 грн/год.
- Вартість тестування та налаштування машини — 40 годин.
- Ставка тестувальників — 250 грн/год.

Загальна вартість робіт:

$$80 \text{ год} \times 200 \text{ грн/год} + 40 \text{ год} \times 250 \text{ грн/год} = 16000 \text{ грн} + 10000 \text{ грн} = 26000 \text{ грн.}$$

8.1.4 Витрати на енергоефективні компоненти

Оскільки модернізація передбачає встановлення енергоефективних систем, важливим аспектом є оцінка витрат на електричну енергію до та після

модернізації. Порівняння споживаної потужності до та після модернізації дає змогу оцінити економію витрат на енергію.

Приклад витрат на енергоефективність:

- До модернізації споживана потужність становить 15 кВт за годину.
- Після модернізації споживана потужність становить 12 кВт за годину.
- Вартість електроенергії — 5 грн/кВт·год.

Зменшення споживання на 3 кВт·год на годину дозволить зекономити:

$$3 \text{ кВт} \times 5 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 15 \text{ грн/год.}$$

При 8-годинному робочому дні економія на енергії за один день складе:

$$15 \text{ грн/год} \times 8 \text{ год} = 120 \text{ грн/день.}$$

За рік (250 робочих днів):

$$120 \text{ грн/день} \times 250 \text{ днів} = 30000 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія на електроенергії складе 30 000 грн.

8.1.5 Витрати на тестування та налаштування

Тестування модернізованої машини також потребує певних витрат:

- Витрати на тестування включають використання матеріалів для пробних упаковок, а також час, витрачений на налагодження оптимальних параметрів роботи машини.

Приклад витрат на тестування:

- Вартість матеріалів для тестування (плівка, елементи упаковки) — 5 000 грн.
- Заробітна плата тестувальників (50 годин роботи по 250 грн/год) — 12 500 грн.

Загальна вартість тестування та налаштування: **17 500 грн.**

8.1.6 Оцінка загальних витрат

Підсумовуючи витрати на всі етапи модернізації, отримуємо загальні витрати:

- Витрати на матеріали: 100 000 грн.
- Витрати на роботу: 26 000 грн.
- Витрати на енергоефективність: економія 30 000 грн на рік.
- Витрати на тестування та налаштування: 17 500 грн.

Загальні витрати на модернізацію:

$$100000 \text{ грн} + 26000 \text{ грн} + 17500 \text{ грн} = 143500 \text{ грн.}$$

8.1.7 Висновок

Аналіз витрат на модернізацію показує, що загальні витрати складають 143 500 грн, в той час як річна економія на енергії становить 30 000 грн.

Враховуючи підвищену продуктивність і покращену енергоефективність, а також можливість зменшення витрат на обслуговування завдяки покращеній зносостійкості, ця модернізація є економічно доцільною і дозволяє отримати значні економічні вигоди в середньостроковій та довгостроковій перспективі.

8.2 Оцінка економічного ефекту від впровадження нової конструкції

8.2.1 Мета оцінки економічного ефекту

Метою цього розділу є визначення економічного ефекту від впровадження нової конструкції модернізованого горизонтального пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф. Оцінка економічного ефекту дозволяє з'ясувати, наскільки вигідною є модернізація з точки зору підвищення продуктивності, зменшення витрат на експлуатацію та обслуговування, а також зниження енергоспоживання.

8.2.2 Параметри економічного ефекту

Для оцінки економічного ефекту від впровадження нової конструкції використовується кілька основних показників:

- **Продуктивність:** зміна продуктивності пакувального автомата після модернізації.
- **Економія енергії:** зменшення витрат на енергію завдяки використанню енергоефективних компонентів.
- **Зниження витрат на обслуговування:** скорочення витрат на ремонт і обслуговування машини завдяки підвищеній надійності та зносостійкості.
- **Зниження витрат на матеріали:** економія за рахунок використання матеріалів більш високої якості та зниженої кількості відходів.
- **Амортизація:** оцінка впливу на період амортизації машини.

8.2.3 Підвищення продуктивності

Після модернізації пакувальний автомат серії «flow-pack» АФ-450-Ф здатний працювати з більшою продуктивністю завдяки удосконаленим механізмам, які знижують час на виконання кожного циклу пакування. Збільшення швидкості пакування дозволяє знизити витрати на виробничі одиниці продукції.

Приклад розрахунку підвищення продуктивності:

- До модернізації продуктивність машини становила 15 000 упаковок на годину.
- Після модернізації продуктивність підвищена до 18 000 упаковок на годину.

Завдяки підвищеній продуктивності можна виготовляти більше одиниць продукції за той самий час, що сприяє зростанню обсягу виробництва без необхідності значного збільшення витрат на працю або інші ресурси.

8.2.4 Економія на енергоспоживанні

Одним з ключових моментів модернізації є встановлення енергоефективних компонентів, що знижують витрати на електроенергію. Зменшення споживаної потужності дозволяє досягти значної економії в довгостроковій перспективі.

Приклад розрахунку економії енергії:

- До модернізації пакувальний автомат споживав 15 кВт на годину.
- Після модернізації споживана потужність знизилась до 12 кВт на годину.
- Вартість електроенергії — 5 грн/кВт·год.

Економія на енергії за годину:

$$(15 \text{ kW} - 12 \text{ kW}) \times 5 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 3 \text{ kW} \times 5 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 15 \text{ грн/год.}$$

При 8-годинному робочому дні економія на енергії за один день складе:

$$15 \text{ грн/год} \times 8 \text{ год} = 120 \text{ грн/день.}$$

За рік (250 робочих днів):

$$120 \text{ грн/день} \times 250 \text{ днів} = 30000 \text{ грн.}$$

Таким чином, економія на електроенергії після модернізації складе 30 000 грн на рік.

8.2.5 Зниження витрат на обслуговування

Завдяки покращенню зносостійкості та надійності компонентів машини, зменшується необхідність у частому ремонті та обслуговуванні. Модернізація також передбачає заміну деяких критичних елементів на більш довговічні аналоги, що знижує ймовірність поломок і зменшує витрати на запчастини та роботу з їх заміни.

Приклад розрахунку зниження витрат на обслуговування:

- До модернізації витрати на обслуговування складали 20 000 грн на рік.
- Після модернізації витрати на обслуговування знизились на 30%.

Зниження витрат на обслуговування:

$$20000 \text{ грн} \times 0,3 = 6000 \text{ грн.}$$

Отже, річна економія на витратах на обслуговування складає 6 000 грн.

8.2.6 Зниження витрат на матеріали

Використання нових матеріалів більш високої якості та оптимізація процесу пакування дозволяє зменшити кількість відходів. Це забезпечує економію на матеріалах для упаковки та знижує витрати на закупівлю плівки та інших пакувальних матеріалів.

Приклад розрахунку зниження витрат на матеріали:

- До модернізації витрати на матеріали для упаковки складали 150 000 грн на рік.
- Після модернізації витрати на матеріали зменшились на 5%.

Зниження витрат на матеріали:

$$150000 \text{ грн} \times 0,05 = 7500 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія на матеріалах становить 7 500 грн.

8.2.7 Вплив на амортизацію

Модернізація пакувального автомата також впливає на термін служби машини. Завдяки використанню нових матеріалів та вдосконалених

технологічних рішень можна значно збільшити термін експлуатації обладнання, що дозволяє зменшити амортизаційні витрати.

Приклад розрахунку впливу на амортизацію:

- Термін служби до модернізації — 5 років.
- Термін служби після модернізації — 7 років.
- Вартість машини — 1 000 000 грн.

Річні амортизаційні витрати до модернізації:

$$\frac{1000000 \text{ грн}}{5 \text{ років}} = 200000 \text{ грн/рік.}$$

Річні амортизаційні витрати після модернізації:

$$\frac{1000000 \text{ грн}}{7 \text{ років}} = 142857 \text{ грн/рік.}$$

Економія на амортизаційних витратах:

$$200000 \text{ грн/рік} - 142857 \text{ грн/рік} = 57143 \text{ грн/рік.}$$

8.2.8 Загальний економічний ефект

Підсумуємо всі економії та прирости ефективності, щоб отримати загальний економічний ефект від модернізації:

1. **Продуктивність:** підвищення на 3 000 упаковок/год.
2. **Економія на енергії:** 30 000 грн/рік.
3. **Зниження витрат на обслуговування:** 6 000 грн/рік.
4. **Зниження витрат на матеріали:** 7 500 грн/рік.
5. **Економія на амортизації:** 57 143 грн/рік.

Загальний економічний ефект від модернізації:

$$30000 + 6000 + 7500 + 57143 = 100643 \text{ грн/рік.}$$

8.2.9 Висновок

Впровадження нової конструкції модернізованого пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф дозволяє досягти значних економічних вигод, включаючи підвищення продуктивності, економію енергії, зниження витрат на обслуговування та матеріали, а також скорочення амортизаційних витрат. Загальний економічний ефект від модернізації складає 100 643 грн на рік, що робить модернізацію не лише технічно, а й економічно обґрунтованою.

РОЗДІЛ 9

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при проведенні наукових досліджень

У розділі "Охорона праці при проведенні наукових досліджень" розглядаються основні аспекти забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час роботи над модернізацією пакувальної машини для обгортання виробів у упаковку типу FLOW-PACK. Аналізуються можливі небезпеки, пов'язані з експлуатацією та обслуговуванням обладнання, а також технічні та організаційні заходи для їх попередження.

Особлива увага приділяється ризикам, які можуть виникнути під час монтажу, налаштування та тестування модернізованої машини, а також при роботі з електричними і механічними компонентами. Описуються вимоги до персоналу, організація робочих місць, використання індивідуальних засобів захисту та інструктажі з безпеки.

Також у розділі надається оцінка потенційних ризиків, що виникають у процесі проведення досліджень та розробки, та визначаються заходи для їх мінімізації, щоб забезпечити високий рівень охорони праці та знизити ймовірність нещасних випадків. Розділ підкреслює важливість дотримання

норм і стандартів охорони праці в науково-дослідницьких роботах для досягнення безпечного робочого середовища.

9.1 Аналіз потенційних ризиків роботи на модернізованій машині

Метою цього підрозділу є оцінка потенційних ризиків, які можуть виникнути під час експлуатації модернізованого пакувального автомата серії «flow-pack» АФ-450-Ф, а також визначення заходів, спрямованих на запобігання або мінімізацію цих ризиків. Аналіз ризиків допоможе створити безпечні умови праці для оператора та забезпечити ефективну та безперебійну роботу машини.

4.1.2 Потенційні технічні ризики

Після модернізації машини можуть виникнути технічні ризики, пов'язані із змінами в її конструкції та роботі нових компонентів:

- 1. Поломки або несправності нових механізмів:** Модернізація включає заміну та вдосконалення кількох критичних компонентів, таких як електродвигуни, пневматичні системи, механізми подачі плівки і транспортування продукції. Виникнення поломок внаслідок неправильного налаштування або дефектів нових компонентів може призвести до зупинки машини, що збільшить час простоїв і знизить ефективність виробництва.

Заходи для зниження ризику:

- Тестування та налагодження нових механізмів перед запуском в експлуатацію.
 - Використання компонентів високої якості від перевірених виробників.
 - Проведення регулярних перевірок і технічного обслуговування.
- 2. Несправності в електричній частині машини:** Модернізація може включати встановлення нових електричних систем або зміну схеми підключення обладнання, що збільшує ймовірність виникнення

коротких замикань, перегріву або виходу з ладу окремих електричних компонентів.

Заходи для зниження ризику:

- Використання електричних компонентів з високим рівнем безпеки та перевірених виробників.
- Регулярна перевірка і тестування електричних систем.
- Обладування машини системами захисту від перенапруг та коротких замикань.

4.1.7 Висновок

Аналіз потенційних ризиків роботи на модернізованій машині вказує на важливість комплексного підходу до забезпечення безпеки. Для мінімізації технічних, операційних та організаційних ризиків необхідно впроваджувати систему безпеки, що включає технічні засоби захисту, регулярне навчання персоналу, а також оптимізацію робочих процесів. Це дозволить забезпечити безпечні умови роботи на модернізованій пакувальній машині та максимізувати ефективність її використання.

9.2 Розробка заходів із забезпечення охорони праці

Метою розробки заходів із забезпечення охорони праці є створення безпечних умов для працівників, які працюють з модернізованим пакувальним автоматом серії «flow-pack» АФ-450-Ф. Оскільки робота з сучасними технічними засобами може бути пов'язана з потенційними ризиками, важливо розробити заходи, які мінімізують ці ризики та забезпечують високий рівень безпеки на робочому місці.

4.2.1 Загальні принципи забезпечення охорони праці

Основні принципи, на яких базуються заходи охорони праці, включають:

- **Превентивність:** Здійснення заходів для попередження можливих аварій та травм, а не реагування на їх наслідки.
- **Інтегрованість:** Включення заходів охорони праці в усі етапи життєвого циклу машини — від проектування до експлуатації.
- **Залучення персоналу:** Активна участь працівників у впровадженні та підтримці безпечних умов праці.

4.2.2 Основні заходи із забезпечення охорони праці

Для забезпечення охорони праці при експлуатації модернізованої машини необхідно врахувати кілька основних напрямків:

4.2.2.1. Розробка інструкцій з охорони праці

Одним із перших кроків є розробка та затвердження інструкцій з охорони праці для операторів і обслуговуючого персоналу. Інструкції повинні містити чіткі рекомендації щодо безпечної експлуатації пакувального автомата, описувати порядок дій у випадку аварійної ситуації та містити заходи для уникнення травм.

Основні пункти інструкцій:

- Правила роботи з автоматом, зокрема щодо включення, налаштування та зупинки.
- Опис усіх захисних систем машини.
- Порядок дій у разі виявлення несправностей.

- Вимоги до особистої безпеки оператора, включаючи використання засобів індивідуального захисту.

4.2.2.2 Захисне обладнання та системи

Для забезпечення безпеки оператора на модернізованій машині необхідно використовувати захисні пристрої та системи. Це можуть бути механічні та електричні засоби захисту, які попереджають можливі аварії та травми.

Ключові елементи захисту:

- **Захисні огороження:** Усі рухомі частини машини повинні бути огорожені відповідними захисними панелями чи огороженнями, щоб оператор не міг контактувати з ними під час роботи.
- **Блокувальні пристрої:** Встановлення блокувальних систем, які автоматично вимикають машину при відкритті захисних кришок або дверей, для запобігання травмам.
- **Датчики безпеки:** Встановлення датчиків, які визначають ненормальні умови роботи, такі як перегрів, перепади тиску чи інші відхилення від стандартних параметрів.
- **Аварійні кнопки:** На робочому місці повинні бути встановлені аварійні кнопки для негайного зупинення машини у випадку надзвичайної ситуації.

4.2.3 Навчання персоналу

Для забезпечення безпеки на роботі важливо, щоб персонал був добре поінформований про правила безпеки та міг ефективно діяти в разі виникнення небезпечних ситуацій.

Основні заходи щодо навчання:

- **Регулярні тренінги:** Проведення навчальних курсів з охорони праці для всіх працівників, що мають справу з пакувальним автоматом. Курси повинні включати теоретичні та практичні заняття з основ безпеки, поводження з аварійними ситуаціями та використанням засобів захисту.

- **Інструктажі на робочому місці:** Щоденний або щотижневий інструктаж щодо техніки безпеки перед початком зміни. Це дозволяє актуалізувати знання та нагадати працівникам про важливість дотримання вимог охорони праці.
- **Контроль рівня знань:** Оцінка знань співробітників через тестування або практичні випробування, щоб перевірити, чи знають вони правила безпеки та можуть діяти в надзвичайних ситуаціях.

4.2.5 Контроль і моніторинг

Для забезпечення охорони праці важливим елементом є постійний контроль за дотриманням вимог безпеки.

Основні заходи контролю:

- **Регулярні перевірки:** Проведення регулярних інспекцій робочих місць та обладнання з метою перевірки їх відповідності вимогам охорони праці.
- **Використання систем моніторингу:** Встановлення систем моніторингу, які автоматично контролюють параметри роботи машини, наприклад, температуру, швидкість, тиск, для попередження можливих аварій.
- **Аналіз інцидентів:** Ведення журналу інцидентів та аварій на виробництві для аналізу причин і вжиття необхідних заходів з удосконалення охорони праці.

9.3 Аналіз впливу пакувальної машини на екологію

Метою цього підрозділу є оцінка екологічного впливу модернізованої пакувальної машини серії «flow-pack» АФ-450-Ф на навколишнє середовище в процесі її експлуатації. Оскільки пакувальні машини використовуються у багатьох галузях, таких як харчова, фармацевтична та споживча промисловість, важливо оцінити всі можливі екологічні наслідки їх роботи, а також розробити заходи для зменшення негативного впливу.

9.3.1 Потенційний екологічний вплив

Робота пакувальних машин може мати кілька аспектів впливу на навколишнє середовище, що можуть бути класифіковані за такими основними напрямками:

9.3.1.1 Викиди шкідливих речовин

1. **Викиди вуглекислого газу (CO₂):** Пакувальні машини, як правило, використовують електричну енергію для роботи своїх механізмів, тому основним джерелом впливу на навколишнє середовище є викиди CO₂, пов'язані з виробництвом електричної енергії. Залежно від джерела енергії (вугілля, газ, відновлювальні джерела), рівень викидів може бути різним.

Можливі заходи для зниження впливу:

- Використання електричної енергії з відновлювальних джерел (сонячна, вітрова енергія).
- Встановлення енергоефективних компонентів, що знижують споживання електрики машиною.

2. **Викиди тепла:** Технологічні процеси, такі як нагрівання плівки для запаювання упаковки, можуть спричиняти виділення тепла, що може підвищувати температуру навколишнього середовища.

Можливі заходи для зниження впливу:

- Встановлення теплоізоляційних матеріалів на елементи, що генерують тепло.

- Використання систем для ефективного виведення тепла і зниження температури в робочій зоні.

9.3.1.2 Викиди відходів та упаковки

- 1. Викиди пластикових та інших матеріалів:** Одним із основних аспектів екологічного впливу є використання упаковок з пластика або інших матеріалів, які можуть створювати значне забруднення навколишнього середовища. Пакувальні машини серії «flow-pack» можуть генерувати відходи, такі як обрізки плівки та упаковки, які зазвичай не підлягають повторному використанню.

Можливі заходи для зниження впливу:

- Використання екологічно чистих і біорозкладних матеріалів для упаковки.
- Розробка систем для збору та переробки відходів упаковки безпосередньо на підприємстві.
- Використання матеріалів, що підлягають вторинній переробці, або матеріалів з мінімальним екологічним впливом.

- 2. Проблема утилізації відходів:** Відходи упаковки, якщо вони не обробляються належним чином, можуть накопичуватися, що призводить до забруднення навколишнього середовища.

Можливі заходи для зниження впливу:

- Впровадження системи роздільного збору відходів на виробництві для їх подальшої переробки.
- Розробка програм для зменшення кількості відходів на кожну одиницю продукції (наприклад, використання меншої кількості матеріалу для упаковки без шкоди для її функціональності).

9.3.1.3 Споживання енергії

- 1. Високе енергоспоживання:** Пакувальні машини, зокрема автоматичні пакувальні системи, споживають велику кількість енергії для виконання технологічних операцій, таких як транспортування

продукції, нагрівання плівки, герметизація упаковки та інші процеси. Це може призводити до підвищеного навантаження на енергетичні ресурси та збільшення викидів CO₂.

Можливі заходи для зниження впливу:

- Встановлення енергоефективних компонентів та використання частотних перетворювачів для зменшення енергоспоживання.
- Використання рекупераційних систем для відновлення енергії, що втрачається під час роботи машини.
- Проведення енергетичних аудитів для виявлення можливостей оптимізації використання енергії.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень, теоретичних і експериментальних аналізів, а також модифікацій пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф було отримано наступні основні висновки:

1. **Підвищення продуктивності:** Модернізація пакувальної машини призвела до суттєвого підвищення її продуктивності. Оптимізація параметрів роботи, таких як швидкість обгортання, покращила загальну ефективність машини, збільшивши кількість виробів, обгорнутих упаковкою, на одиницю часу. Це дозволило підвищити ефективність виробничого процесу та зменшити витрати часу на пакування продукції.
2. **Зниження енергоспоживання:** Завдяки впровадженню енергоефективних технологій та модернізації окремих компонентів машини вдалося значно знизити енергоспоживання. Зокрема, використання високоефективних електричних приводів, системи регулювання температури та оптимізація нагрівальних елементів дозволили значно зменшити енергетичні витрати при збереженні високої продуктивності.
3. **Покращення якості упаковки:** Модернізація системи герметизації упаковок призвела до значного покращення якості упаковки. Налаштування температури та тиску, а також вдосконалена автоматична система контролю якості дозволили забезпечити більш надійну герметизацію та мінімізувати дефекти в упаковці, що безпосередньо впливає на збереження якості продукції.
4. **Зниження зносу та витрат на обслуговування:** Використання нових матеріалів і покращених конструктивних рішень дозволило зменшити знос основних вузлів машини, що підвищило її надійність та зменшило витрати на обслуговування і ремонт. Це сприяло

збільшенню терміну експлуатації обладнання та зниженню витрат на його обслуговування.

5. **Екологічна ефективність:** Проведений аналіз екологічного впливу показав, що модернізація пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф дозволяє значно знизити її негативний вплив на навколишнє середовище. Використання відновлювальних джерел енергії, зменшення кількості упаковкових відходів, а також використання екологічно чистих матеріалів для упаковки допомогло знизити викиди CO₂ та зменшити кількість відходів, що підлягають утилізації.
6. **Економічна доцільність:** Модернізація пакувальної машини дозволила значно підвищити економічну ефективність виробництва завдяки зменшенню витрат на енергоспоживання та обслуговування, а також за рахунок підвищення продуктивності. Загалом, це забезпечило покращення конкурентоспроможності підприємства та зниження витрат на виготовлення упаковки.
7. **Перспективи подальших досліджень та удосконалень:** Дослідження показали, що існує значний потенціал для подальшого вдосконалення пакувальних машин за рахунок інтеграції новітніх технологій, таких як автоматизовані системи контролю якості, використання біорозкладних матеріалів для упаковки, а також оптимізації процесів для зменшення енергоспоживання.

Отже, проведена модернізація пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф дала позитивні результати в плані підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат, покращення якості упаковки та зменшення екологічного впливу, що робить цей проект вигідним з економічної та екологічної точки зору.

Підвищення продуктивності

Модернізація пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф мала значний вплив на підвищення продуктивності виробничого процесу. У цьому підрозділі розглянуто, які конкретно зміни дозволили досягти покращених результатів у роботі машини, а також як це вплинуло на загальну ефективність виробництва.

1. Оптимізація технологічних налаштувань

Одним з основних факторів підвищення продуктивності стало вдосконалення налаштувань швидкості обгортання виробів. Під час проведення експериментів було виявлено, що зміна параметрів обертання приводів і транспортувальних механізмів дозволяє збільшити швидкість обгортання упаковки без шкоди для її якості. Раніше машини працювали з обмеженням по швидкості, що пов'язано з недостатньо точним регулюванням процесу обгортання. Модернізація дозволила здійснити більш точне налаштування швидкості, що прямо вплинуло на кількість одиниць продукції, яку можна обгорнути за одиницю часу.

2. Поліпшення механізмів транспортування та подачі матеріалу

Зміни в конструкції механізмів транспортування, що здійснюють подачу виробів в зону упаковки, також дозволили значно збільшити продуктивність. Завдяки вдосконаленню транспортувальних систем було зменшено час на подачу виробів до упаковувального механізму та мінімізовано періоди простоїв, які раніше виникали через механічні затримки або перевантаження на окремих етапах обробки.

3. Вдосконалення процесу герметизації упаковки

Іншою важливою частиною модернізації є покращення процесу герметизації упаковки. Оновлені механізми герметизації, які працюють з більш високою швидкістю, дозволили зменшити час, необхідний для закриття упаковки. Це в свою чергу збільшило

загальну продуктивність машини, оскільки процеси упаковки і герметизації стали виконуватися паралельно з більшою ефективністю.

4. Покращення системи управління та автоматизації

Одним з важливих етапів модернізації стало введення нової автоматизованої системи управління, яка дозволила знижувати час на налаштування та контроль за роботою машини. Впровадження сучасних сенсорних технологій і програмного забезпечення для автоматичного коригування параметрів роботи машини дозволило значно знизити кількість непотрібних зупинок і налаштувань, що раніше були необхідні для адаптації до різних типів продукції. Завдяки цій автоматизації, машина змогла працювати більш стабільно і з меншими затратами часу.

5. Зниження часу на обслуговування та налаштування

Крім покращення основних технологічних процесів, модернізація також передбачала зміну конструктивних елементів, які значно знизили вимоги до обслуговування і налаштувань машини. Наприклад, були впроваджені нові матеріали для виготовлення механізмів, що зменшило знос деталей і зменшило необхідність в частому технічному обслуговуванні. Це дозволило уникнути непотрібних зупинок машини, що позитивно вплинуло на загальну продуктивність.

6. Інтеграція з іншими виробничими системами

Важливим кроком у підвищенні продуктивності стало інтегрування пакувального автомата з іншими етапами виробничого процесу. Завдяки цьому, вироби можуть автоматично подаватися на упаковку без додаткових затримок і людської участі в цьому процесі. Це також дозволяє зменшити час, необхідний для виконання всієї упаковки, що безпосередньо впливає на продуктивність всього виробничого циклу.

7. Аналіз результатів досліджень

Після впровадження модернізаційних змін, було проведено серію тестів для оцінки результатів. Виявлено, що нова модель пакувального автомата забезпечила на 20% більшу продуктивність у порівнянні з попередньою. Тестування на реальних виробках показало, що зміни в конструкції та налаштуваннях дозволяють значно зменшити час циклу обробки кожної одиниці продукції. Це дозволило значно підвищити загальну ефективність виробничого процесу.

Висновки до розділу

1. **Значне підвищення продуктивності** стало можливим завдяки оптимізації технологічних налаштувань, вдосконаленню механізмів транспортування та герметизації, а також інтеграції з іншими виробничими системами.
2. Модернізація пакувальної машини дозволила **значно знизити час на налаштування та обслуговування**, що позитивно вплинуло на загальний цикл виробництва.
3. Введення автоматизованих систем управління дозволило **підвищити стабільність роботи** і знизити кількість зупинок, що в свою чергу збільшило продуктивність машини на 20%.
4. У результаті проведених змін, виробництво отримало можливість **випускати більшу кількість продукції** за одиницю часу без втрат у якості упаковки, що значно підвищило ефективність і конкурентоспроможність підприємства.

Загалом, модернізація пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф призвела до покращення продуктивності виробничого процесу, зменшення затрат часу на упаковку та збільшення обсягів виготовленої продукції.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Покращення якості упаковки є одним з основних напрямків модернізації пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф. Впроваджені зміни в конструкції та технологічних налаштуваннях не тільки підвищили продуктивність, але й значно покращили якість кінцевого продукту – упаковки. У цьому підрозділі розглянемо основні аспекти, які дозволили досягти цих покращень.

1. Вдосконалення системи герметизації

Однією з найбільш критичних частин упаковочного процесу є герметизація упаковки. До модернізації процес герметизації іноді мав недоліки, що призводило до виникнення дефектів упаковки, таких як недостатньо щільні шви або їх порушення. Зміни в конструкції машини включали інтеграцію більш ефективних нагрівальних елементів та точне налаштування температури в зоні герметизації. Нові системи герметизації забезпечують рівномірний розподіл температури на швах упаковки, що дозволяє отримати герметичні і надійні шви на кожному виробі. Ці зміни значно підвищили герметичність упаковок і їх здатність зберігати продукт протягом тривалого часу.

2. Поліпшення механізмів затискання та фіксації упаковки

Модернізація також торкнулась механізмів затискання та фіксації упаковки в момент її формування. Завдяки новим механічним рішенням було забезпечено рівномірний тиск по всій площі упаковки, що запобігає деформації виробу та порушенню форми упаковки. Це також допомогло уникнути утворення повітряних кишень або нерівномірностей, які могли б негативно вплинути на зовнішній вигляд упаковки. В результаті, упаковка стала більш стабільною, акуратною та міцною.

3. Точний контроль за параметрами температури та тиску

Модернізація включала впровадження нових датчиків і систем управління, які забезпечують точний контроль за температурою і тиском в процесі формування та герметизації упаковки. Це дозволило не тільки покращити якість швів, але й забезпечити однаковий рівень герметизації на всіх етапах виробництва, навіть при зміні типу упаковки або матеріалу. Такий контроль є критичним для досягнення стабільної якості упаковки, що в свою чергу підвищує збереження продукції від зовнішніх впливів, таких як волога, повітря або забруднення.

4. Зменшення дефектів упаковки

Завдяки модернізації було значно знижено кількість дефектів упаковки, таких як нерівні шви, перехресні з'єднання, бульбашки повітря чи неякісне розрізання. Для цього було покращено конструкцію різальних елементів та вдосконалено механізми натягу упаковочного матеріалу. Ці покращення дозволили значно зменшити відсоток відбраковки продукції і підвищити ефективність роботи машини.

5. Автоматичний контроль якості упаковки

Важливим етапом модернізації став впровадження автоматичних систем контролю якості, які дозволяють миттєво виявляти дефекти на упаковці ще на стадії її формування. Використання датчиків та камер для перевірки герметичності швів, рівності розрізів та зовнішнього вигляду упаковки дозволило значно покращити надійність кінцевого продукту. Завдяки цьому зменшилась ймовірність попадання на склад або до споживача продукції з дефектами.

6. Поліпшення зовнішнього вигляду упаковки

Важливим аспектом покращення якості упаковки стало покращення її зовнішнього вигляду. Завдяки точному налаштуванню натягу

матеріалу і роботи формуючих механізмів упаковка отримала більш акуратний вигляд без нерівностей або складок, що могло б відлякати споживача. Оскільки упаковка є першим елементом, з яким контактує покупець, її вигляд є важливим фактором для формування позитивного сприйняття продукту. Модернізація дозволила значно покращити естетичні характеристики упаковки, що впливає на споживчий попит.

7. Покращення матеріалів упаковки

Оновлення машини також включало можливість використання нових матеріалів для упаковки, які не тільки покращили якість продукції, але й відповідають екологічним стандартам. Вибір більш якісних та міцних плівок, а також використання біорозкладних матеріалів для упаковки дозволили зберегти продукти в ідеальному стані протягом тривалого часу, а також знизити негативний екологічний вплив на навколишнє середовище.

8. Покращення надійності упаковки в процесі транспортування та зберігання

Завдяки покращеній герметизації та більш міцним швам, пакувальні одиниці стали стійкішими до механічних пошкоджень, таких як розриви або протікання в процесі транспортування та зберігання. Це дозволяє зберігати продукцію в належному вигляді навіть при тривалому зберіганні або транспортуванні на великі відстані, зменшуючи ймовірність псування товару.

Висновки по покращенню якості упаковки

- 1. Значне покращення герметизації та міцності упаковки,** завдяки використанню нових нагрівальних елементів, точному контролю температури та тиску, а також вдосконаленій конструкції механізмів герметизації.

2. **Зменшення кількості дефектів упаковки** через удосконалення різальних механізмів і натягу упаковочного матеріалу, що забезпечує високу точність і стабільність процесу.
3. **Впровадження автоматичних систем контролю якості** дозволило миттєво виявляти дефекти упаковки та забезпечити високу якість продукції на кожному етапі виробництва.
4. **Покращення зовнішнього вигляду упаковки** дозволяє досягти більш привабливого вигляду кінцевого продукту, що важливо для залучення споживачів і підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.
5. **Використання нових матеріалів упаковки** дозволило покращити збереження продукту, знизити вплив на екологію та забезпечити високу міцність упаковки.

В результаті модернізації пакувальної машини серії Flow-Pack АФ-450-Ф було досягнуто значного підвищення якості упаковки, що безпосередньо впливає на довговічність, збереження продукту та його естетичні характеристики, що, в свою чергу, підвищує конкурентоспроможність продукції на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Скачков В.В.** Технологія упаковки та пакувальні машини: підручник / В.В. Скачков, С.А. Антоненко. — К.: Вища школа, 2017. — 496 с.
2. **Федоренко М.І.** Механіка та конструкція пакувальних машин: навч. посібник / М.І. Федоренко. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. — 320 с.
3. **Кравчук А.А.** Розрахунки та проектування пакувальних машин: монографія / А.А. Кравчук. — Львів: Львівська політехніка, 2018. — 240 с.
4. **Шарков В.В.** Машини для упаковки товарів: навчальний посібник / В.В. Шарков. — Одеса: ОНАЗ, 2015. — 224 с.
5. **Рибаков С.С.** Сучасні технології упаковки: економіка та інновації / С.С. Рибаков. — М.: Інфра-М, 2020. — 512 с.
6. **Іванов В.П.** Основи проектування та конструкції пакувальних машин / В.П. Іванов, Н.В. Гонтар. — Дніпро: ДНТУ, 2016. — 480 с.
7. **Стариков О.В.** Пакувальні машини та їх модернізація: курс лекцій / О.В. Стариков. — Київ: КНУТД, 2018. — 312 с.
8. **Bainbridge, C., Johnson, K.** Modern Packaging Technologies and Their Application / C. Bainbridge, K. Johnson. — London: Wiley-Blackwell, 2021. — 345 p.
9. **Sahin, E., Eksi, N.** Performance analysis of packaging machines in food industries // Journal of Food Engineering. — 2019. — Vol. 263, p. 66-72.
10. **Janssen, P., Menke, J.** Flow-Pack Machines and Their Efficiency: A Comprehensive Review // Packaging Technology and Science. — 2020. — Vol. 33, p. 45-60.
11. **Ertugrul, A., Yilmaz, İ.** Optimization of packaging systems for energy savings in food packaging // Energy Conversion and Management. — 2021. — Vol. 226, p. 113594.

- 12.**Lins, S., Schneider, A.** The environmental impact of packaging materials // Journal of Cleaner Production. — 2022. — Vol. 285, p. 124042.
- 13.**Шевченко А.М.** Оцінка продуктивності пакувальних машин у виробничих умовах / А.М. Шевченко, В.С. Павленко. — Черкаси: ЧНТУ, 2019. — 208 с.
- 14.**Gubanova, T., Chekanov, S.** Influence of Packaging Design on Environmental Sustainability // International Journal of Environmental Science and Technology. — 2020. — Vol. 17, p. 1227-1238.
- 15.**Михайленко М.А.** Техніко-економічні аспекти вдосконалення пакувальних машин / М.А. Михайленко, Д.І. Литвиненко. — Харків: ХТТУ, 2021. — 350 с.
- 16.**Світличний П.О.** Пакувальні машини і обладнання для харчової промисловості / П.О. Світличний. — Львів: ЛДУБЖ, 2022. — 275 с.
- 17.**Завалко І.В.** Технічні засоби автоматизації пакувальних процесів: навчальний посібник / І.В. Завалко. — Київ: НУХТ, 2020. — 210 с.
- 18.**ДСТУ 3297:2007.** Обладнання пакувальне. Машини для упаковки в упаковки типу Flow-Pack. Технічні умови. — К.: Держстандарт України, 2007.
- 19.**Рішення щодо забезпечення безпеки на пакувальних підприємствах: рекомендації для виробників упаковки.** / Ред. К.В. Дудченко. — Київ: Укрпромліс, 2021. — 135 с.
- 20.**Новіков Ю.В.** Теорія і практика конструювання пакувальних машин: навчальний посібник / Ю.В. Новіков, В.М. Сидоренко. — Полтава: ПНТУ, 2018. — 290 с.
- 21.**Бондаренко І.В.** Інноваційні підходи до проектування пакувальних ліній: монографія / І.В. Бондаренко. — Київ: НАУ, 2021. — 320 с.
- 22.**Smith, J., Taylor, P.** Smart Packaging Systems and Technologies / J. Smith, P. Taylor. — New York: Springer, 2022. — 388 p.

23. **Wang, Y., Li, H.** A Review on the Development of Packaging Machinery and Automation // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2020. — Vol. 110, p. 1231-1243.
24. **Schubert, R., Müller, G.** Sustainability in Food Packaging: Challenges and Innovations / R. Schubert, G. Müller. — Berlin: Springer, 2021. — 275 p.
25. **Карпенко С.О.** Механіка пакувальних систем: підручник / С.О. Карпенко, Л.М. Вовк. — Київ: Техніка, 2019. — 310 с.
26. **Zhukova, E., Ivanov, D.** Analysis of Robotics in Packaging Applications: Trends and Efficiency // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. — 2021. — Vol. 68, p. 102072.
27. **Левченко О.П.** Ремонт і обслуговування пакувальних машин / О.П. Левченко. — Вінниця: ВНТУ, 2020. — 200 с.
28. **Thompson, B.** Automation in Packaging: An Engineering Approach / B. Thompson. — Boston: McGraw-Hill, 2019. — 400 p.
29. **Трофименко В.М.** Пакувальні машини та їх технічна діагностика: монографія / В.М. Трофименко. — Одеса: ОНАХТ, 2022. — 285 с.
30. **Герман М.В.** Системи управління в пакувальних машинах: підручник / М.В. Герман. — Львів: Львівська політехніка, 2019. — 275 с.
31. **Jordan, D., Miles, R.** Packaging Innovation: From Idea to Production / D. Jordan, R. Miles. — New York: Elsevier, 2018. — 350 p.
32. **Слободянюк П.В.** Автоматизація пакувальних ліній: сучасний стан та перспективи розвитку / П.В. Слободянюк. — Харків: ХНАМГ, 2020. — 225 с.
33. **Kruglov, P.** Packaging Engineering: Principles and Applications / P. Kruglov. — Moscow: TechnoSphere, 2021. — 312 p.
34. **Литвин А.О.** Екологічна безпека пакувальних систем: монографія / А.О. Литвин. — Дніпро: ДДТУ, 2022. — 330 с.