

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА
МІЖОПЕРАЦІЙНОГО НАКОПИЧЕННЯ
ПРОДУКЦІЇ У СКЛАДІ МАШИНИ ДЛЯ
ПАКУВАННЯ СИПКИХ ПРОДУКТІВ

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи ІМ-41

Тимощук Іванна Русланівна

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Залета Ольга Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тимощук Іванні Русланівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Розробка конструкції вузла міжопераційного накопичення продукції у складі машини для пакування сипких продуктів*

Керівник роботи: *Залета Ольга Михайлівна, к.т.н., доцент кафедри ПМ та М*

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 31 » грудня 2024 р. № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи « 01 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Конструкторська документація*

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

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. Вибір пакувального матеріалу. Проектування споживчої та транспортної тари. Опис технологічної схеми пакування. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА. Опис структури та роботи технологічної лінії. Опис пневматично-кінематичної схеми пакувального автомата. Розрахунок продуктивності технологічної лінії. Опис конструкції та роботи розробленого вузла. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА. Монтаж, ремонт і умови експлуатації виробничого обладнання та розробленого вузла. Опис транспортно-складської системи дільниці. Розрахунок вантажопотоків дільниці та періодичності поповнення запасів матеріалів. Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу дільниці. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. Аналіз виробництва. Заходи для приведення шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог. Заходи для охорони навколишнього середовища. Розрахунок захисного заземлення. Пожежна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу: *Споживча упаковка – 1 лист (ф.А2), транспортна упаковка – 1 лист (ф.А2), технологічна схема пакування – 1 лист (ф.А1), загальний вигляд модернізованого фасувально-пакувального автомата АФ-35-ОМ – 1 лист (ф.А1), пневматично-кінематична схема модернізованого автомата АФ-35-ОМ – 1 лист (ф.А1), складальне креслення розробленого вузла (накотичувача) – 1 лист (ф. А1).*

АНОТАЦІЯ

Тимошук І.Р. Розробка конструкції вузла міжопераційного накопичення продукції у складі машини для пакування сипких продуктів. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У технологічній частині роботи здійснено аналіз сипкої продукції як об'єкта пакування, обґрунтовано вибір пакувального матеріалу та тип тари для споживчої та транспортної упаковок, описано операції технологічного процесу пакування сипкої продукції в полімерний пакет. У технічній частині здійснено опис конструкції та принципу роботи технологічної лінії пакування та модернізованого фасувально-пакувального автомату АФ-35-ОМ, наведено та описано пневматично-кінематичну схему модернізованого автомата, розраховано продуктивність лінії пакування. Також виконано опис конструкції та принципу роботи розробленого вузла міжопераційного накопичення продукту, виконано розрахунок параметрів модернізованого дозувально-фасувального блоку. В експлуатаційній частині виконано представлено вимоги до монтажу, ремонту та умов експлуатації обладнання, виконано розрахунки вантажопотоків і кількості працівників для обслуговування дільниці пакування. В розділі з охорони праці та навколишнього середовища здійснено аналіз виробництва, наведено умови безпечної експлуатації обладнання та проведено розрахунок захисного заземлення електроустаткування.

Ключові слова: сипка продукція, пакет, дозування, накопичувач, автомат.

ANNOTATION

Tymoshchuk I.R. Development of the design of the inter-operational product accumulation unit as part of a machine for packaging loose products. Manuscript.

Qualification work of the bachelor of EP «Applied Mechanics» specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The qualification work of the bachelor consists of an introduction, four sections, conclusions, a list of used sources, appendices.

In the technological section of the work, an analysis of bulk products as packaging objects was conducted, the choice of packaging material and the type of containers for consumer and transport packaging was substantiated, and the operations of the technological packaging process of bulk products into a polymer bag were described. The technical section provides a description of the design and operating principle of the packaging line and the modernized AF-35-OM filling and packaging machine. It also presents and explains the pneumatic-kinematic diagram of the upgraded machine and calculates the packaging line's productivity. Additionally, it includes a description of the design and operating principle of the developed inter-operational product accumulation unit, as well as a calculation of the parameters of the modernized dosing and filling unit. The operational section outlines the requirements for installation, maintenance, and operating conditions of the equipment, and provides calculations for cargo flows and the number of workers needed to service the packaging section. The occupational safety and environmental protection section includes an analysis of the production process, conditions for the safe operation of equipment, and a calculation of protective grounding for electrical equipment.

Key words: bulk products, package, accumulation unit, dosing, machine.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Вибір пакувального матеріалу.....	8
1.2. Проектування споживчої та транспортної тари.....	13
1.3. Опис технологічної схеми пакування.....	20
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	22
2.1. Опис структури та роботи технологічної лінії	22
2.2. Опис пневматично-кінематичної схеми модернізованого автомата.....	26
2.3. Розрахунок продуктивності технологічної лінії	27
2.4. Опис конструкції та роботи розробленого вузла.....	28
2.5. Розрахунок розробленого вузла.....	29
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА.....	36
3.1. Монтаж, ремонт і умови експлуатації виробничого обладнання та розробленого вузла.....	36
3.2. Опис транспортно-складської системи дільниці.....	38
3.3. Розрахунок вантажопотоків дільниці та періодичності поповнення запасів матеріалів	39
3.4. Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу дільниці.....	41
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	43
4.1. Аналіз виробництва.....	43
4.2. Заходи для приведення шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог.....	44
4.3. Заходи для охорони навколишнього середовища.....	48
4.4. Розрахункова частина. Розрахунок захисного заземлення.....	49
4.5. Пожежна безпека.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТКИ.....	58

									Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	023Б-25.00.00.00.000 ПЗ				6

ВСТУП

У сучасному світі пакувальна галузь посідає ключове місце в системі виробництва та логістики товарів. Зростаючі вимоги до збереження якості продукції, її безпечного транспортування, а також забезпечення привабливого зовнішнього вигляду стимулюють активний розвиток цієї галузі. Пакування сьогодні – це не просто обгортка товару, а багатофункціональна система, яка виконує цілу низку важливих завдань: захисну, інформаційну, маркетингову та екологічну.

Особливої актуальності пакувальна галузь набуває в умовах глобалізації та інтенсифікації торгівлі. З кожним роком збільшується обсяг споживчої продукції, що вимагає ефективних, інноваційних рішень у сфері пакування. У цьому контексті особливої уваги заслуговує питання технічного забезпечення пакувального процесу, адже саме вони визначають суть виробництва, а тому містять у собі потенціал для підвищення і якості продукції, і ефективності роботи устаткування.

Розробка технологічного комплексу передбачає два основні етапи: спочатку формується технологічний процес, що забезпечує необхідну якість готової продукції, а далі – на його основі створюється обладнання, яке гарантує необхідну продуктивність виробництва.

Надійність обладнання, що використовується для пакування продукції, безпосередньо впливає на ефективність виробництва, зменшення відходів та збереження якості товару. Відмова техніки може призвести до значних економічних втрат і зниження репутації компанії. Саме тому модернізація з метою підвищення працездатності пакувальних машин важливою складовою стабільної роботи підприємств.

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто структур та аспекти функціонування фасувально-пакувального автомату, а також запропоновано варіант модернізації для підвищення його надійності.

					023Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Вибір пакувального матеріалу

Сипка продукція – це складна система, з точки зору реології, що змінює свої властивості залежно від щільності укладання твердих частинок, характеру зовнішньої дії на продукт і зовнішніх умов (температура, вологість). Одна і та ж продукція залежно від напруженого стану може мати властивості як зв'язаної продукції, так і ідеально сипкої.

Сипкий продукт під дією робочих органів машини може як ущільнюватися, так і розрихлятися з досягненням пневмо- і вібророзрідження. Знання про нормативні показники сипкої продукції і зміни їх значень під час дії на неї робочих органів дає змогу уникнути помилок при виборі і конструюванні пристроїв дозування і фасування.

Для широкої гами сипкої продукції є класифікаційні таблиці, що містять інформацію про гранулометричний склад, плинність, об'ємну щільність, схильність до утворення стійких склепових структур та здатність до аерації. Всі сипкі продукти залежно від здатності їх частинок до переміщення поділяються на класи і групи.

Існує три класи сипкої продукції: зв'язна, незв'язна та зв'язно-текуча.

В зв'язній продукції сили зчеплення між частинками значно перевищують вагу частинок. Тому взаємне переміщення окремих частинок в полі гравітаційних сил неможливе. Зв'язне середовище тяжіє до утворення вертикальних відкосів, комкується, має здатність до склепоутворення, проявляє адгезійні властивості.

Незв'язна продукція, навпаки, не утворює стійких вертикальних відкосів, так як початковий опір зсуву для них рівний нулю. Висота стійкого відкосу сипкої продукції розраховується за формулою:

$$h_c = \frac{4 \cdot \tau_0 \cdot \cos \varphi}{\rho \cdot g \cdot (1 - \sin \varphi)}$$

де τ_0 – початкове напруження зсуву;

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		8

ρ – об’ємна (насипна) щільність продукту;

φ – кут внутрішнього тертя;

g – прискорення вільного падіння.

Зв’язно-текуча сипка продукція належить до перехідного класу. Залежно від щільності укладки частинок вона може проявляти як властивості зв’язної, так і незв’язної продукції.

Для попереднього прийняття рішення щодо вибору способу дозування і конструкції дозувального пристрою рекомендовано користуватися спрощеною класифікацією сипкої продукції, яка визначається її гранулометричним складом. За цією ознакою сипка продукція поділяється на три основні групи.

Перша група об’єднує порошкову продукцію з розміром частинок 0,02-0,6 мм (какао, мелена кава, борошно, цукрова пудра, спеції, молочний порошок, суміші для дитячого харчування тощо). Для дозування і фасування цієї продукції найбільш широко застосовують шнекові дозатори.

До другої групи належать подрібнені харчові продукти з розмірами частинок в межах 0,6-6 мм. Сюди відноситься це цукор-пісок, сіль, короткорізані макаронні вироби, різні крупи та ін. Для дозування цієї групи продукції широко застосовуються дозатори об’ємного типу (стаканчикові, шибєрні, маятникові).

Третя група об’єднує сипку продукцію з розмірами частинок близько 6 мм і більше. До цієї групи відносяться горіхи, сухі сніданки, чай, цукерки, зернова кава, заморожені ягоди і т.і. Для дозування цієї продукції застосовуються вагові дозатори лінійного типу. У разі потреби фасувати зі значною продуктивністю (більше 100 доз/хв) має місце застосування багатопорційне (мультиголовочне) дозування.

Дозувальні пристрої для сипкої продукції, в залежності від продуктивності машини, способу дозування, структурно-механічних характеристик продукції, застосовують дуже широкої номенклатури, які відповідно до класифікації бувають: безперервні, дискретні, безперервно-циклічні; вагові, об’ємні, комбіновані; шнекові, шибєрні, стаканчикові, маятникові, камерні та ін.

Пакують сипку продукцію в різні види споживчої упаковки (пакети, пачки, банки, стакани, коробки), яка може бути виготовлена із різних пакувальних

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					9

матеріалів. Вид матеріалу і конструкція споживчої упаковки визначається фізико-механічними властивостями готової продукції, факторами її зберігання і транспортування, зручністю в користуванні, безпечністю утилізації [1].

Отож, для пакування сипкої харчової продукції підходять майже всі відомі пакувальні матеріали, однак у більшості випадків виробники надають перевагу упаковкам, виготовленим з плівкових полімерних матеріалів, передусім, завдяки їх економічності у порівнянні з паперовими матеріалами, склом, упаковками з металів чи дерева. Крім того, упаковка для сипкої продукції обов'язково повинна володіти високою механічною міцністю, еластичністю, хімічною інертністю щодо продукту, бути придатною до зварювання із достатнім рівнем герметичності.

Цим вимогам задовольняють найбільш розповсюджені полімерні матеріали – поліетиленові (ПЕ) та поліпропіленові (ПП) плівки, упаковки з полівінілхлориду (ПВХ) або поліетилентерефталату (ПЕТФ) [2].

Розглянемо детальніше ПЕ- та ПП-плівки для утворення гнучкої упаковки (пакета), що відповідають технічним можливостям автомата АФ-35-ОМ, який є об'єктом модернізації у даній кваліфікаційній роботі.

Поліетилен – це термопластичний полімер, який отримують шляхом полімеризації етилену. Залежно від умов полімеризації та структури макромолекул, розрізняють кілька основних типів поліетилену, кожен з яких має свої унікальні властивості:

– поліетилен низької щільності (ПЕНЦ / LDPE) – характеризується високою гнучкістю, еластичністю, прозорістю та низькою температурою плавлення, легко піддається термозварюванню;

– поліетилен високої щільності (ПЕВЦ / HDPE) – відрізняється більшою жорсткістю, міцністю, стійкістю до проколів та вищих температур, а також меншою прозорістю (більш матовий вигляд) порівняно з ПЕНЦ;

– лінійний поліетилен низької щільності (ЛПЕНЦ / LLDPE) – поєднує в собі властивості ПЕНЦ та ПЕВЦ, маючи високу міцність на розрив, стійкість до проколів та гнучкість, а тому часто використовується для стретч-плівок.

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

Серед загальних властивостей ПЕ, що зумовлюють його пріоритетність для пакування широкого асортименту продукції, варто виділити наступні:

1. Низька щільність. Забезпечує легкість пакувальних матеріалів, що знижує витрати на транспортування.

2. Висока гнучкість та еластичність. Дозволяє легко формувати упаковку та адаптувати її до різноманітних форм продуктів.

3. Стійкість до дії багатьох хімічних речовин. ПЕ інертний до кислот, лугів, жирів та масел, що з одного боку дозволяє пакувати широкий асортимент товарів, з іншого – володіє високою бар'єрністю щодо зовнішніх негативних факторів.

4. Водостійкість. ПЕ практично не поглинає воду, забезпечуючи відмінний захист продукції від вологи, тож запобігає проникненню вологи всередину упаковки та виходу вологи з неї.

5. Можливість термозварювання. Дозволяє створювати герметичні шви, що є критично важливим для харчової продукції.

6. Доступність та низька вартість. Це один із найдешевших полімерів, що робить його економічно вигідним.

7. Можливість вторинної переробки. ПЕ є термопластичним матеріалом, тож його можна повторно переробляти, сприяючи рециркуляції відходів.

У порівнянні з іншими поширеними плівковими пакувальними матеріалами ПЕ має низку суттєвих переваг.

Порівняно з ПП ПЕ має вищу гнучкість, еластичність, більшу стійкість до розриву та краще піддається термозварюванню; часто є доступнішим за ціною.

Порівняно з ПВХ ПЕ є безпечнішим для довкілля, оскільки не містить хлору, не виділяє шкідливих діоксинів при спалюванні та легше піддається переробці. ПЕ також має кращу стійкість до низьких температур.

Порівняно з ПЕТФ ПЕ значно дешевше та легше переробляється.

Таким чином, висока гнучкість, міцність, водостійкість, низька вартість та легкість переробки роблять ПЕ ідеальним вибором для пакування величезної кількості товарів. Незважаючи на появу нових матеріалів та постійний розвиток

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	11

технологій, він продовжує широко використовуватись для виготовлення упаковок найрізноманітнішого призначення [3, 4].

Щодо поліпропілену (ПП) – це ще один термопластичний полімер, який належить до класу поліолефінів. Його отримують шляхом полімеризації пропілену.

Серед ключових властивостей поліпропілену, що роблять його привабливим для пакувальної галузі, можна виділити наступні:

1. Низька щільність. ПП має одну з найнижчих щільностей серед полімерів, що забезпечує легкість пакувальних матеріалів та знижує витрати на транспортування.

2. Висока міцність на розрив та удар. ПП демонструє відмінну стійкість до механічних впливів, що забезпечує надійний захист продукції.

3. Стійкість до дії хімічних речовин. ПП інертний до більшості кислот, лугів, органічних розчинників та масел, з якими потенційно може контактувати упаковка під час транспортування чи тимчасового зберігання.

3. Висока температура плавлення. Температура плавлення ПП коливається в межах 160-170 °С, що дозволяє використовувати його для пакування продуктів, що потребують стерилізації або нагрівання.

4. Низьке вологопоглинання. ПП практично не поглинає вологу, що забезпечує захист продукції від псування.

5. Висока прозорість та глянцева вигляд. Ця властивість найбільшою мірою притаманна для орієнтованого поліпропілену (БОПП), відомого своєю високою прозорістю та блиском, що покращує візуальну привабливість упакованого товару.

6. Можливість вторинної переробки. ПП є термопластичним матеріалом, що дозволяє його повторно переробляти, сприяючи циркулярній економіці та зниженню впливу на довкілля.

ПП має важливі переваги у порівнянні з іншими плівковими пакувальними матеріалами.

Порівняно з поліетиленом (ПЕ) ПП володіє більшою міцністю на розрив, жорсткістю та температурою експлуатації. Це дозволяє використовувати більш тонкі плівки з ПП для досягнення аналогічного рівня захисту, що зменшує витрату

										Лист
										12
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					

– впливу зовнішніх факторів довкілля – повітря, світла, вологи, часто – від перепадів температури.

Захисна функція транспортної упаковки повинна:

- запобігати руйнуванню вантажопакету;
- забезпечити цілісність споживчої тари;
- забезпечити збереження незмінного складу вантажопакету.

Окрім переліченого, будь-яка тара і упаковка незалежно від призначення повинна відповідати ряду технічних, санітарно-гігієнічних, економічних, естетичних вимог [2].

Отже, у даній кваліфікаційній роботі споживчою упаковкою приймаємо тришовний плівковий пакет (рис. 1.1), виготовлений із ПП-плівки (товщина 150 мкм) методом зварювання (типу А).

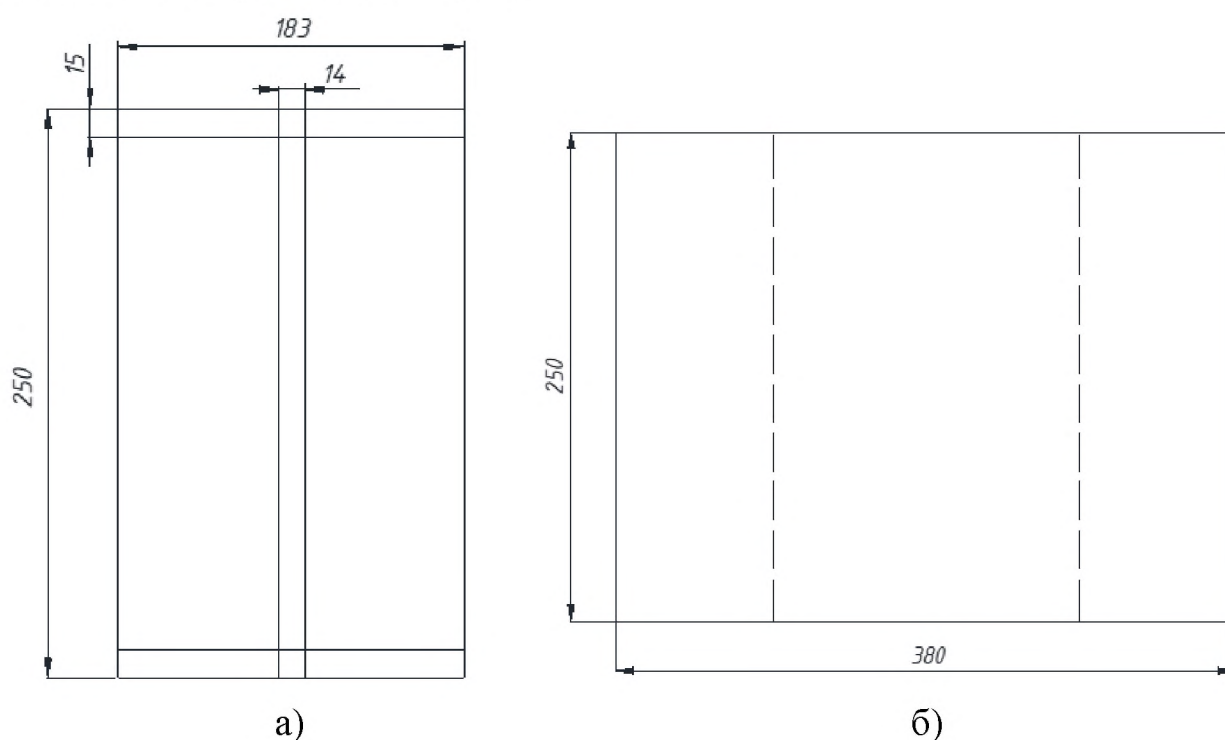


Рисунок 1.1 – Споживча тара для сипкої продукції:

а – тришовний полімерний пакет; б – розгортка пакета

Проектування конструкції розгортки споживчої упаковки (рис. 1.1, б) здійснюємо таким чином, щоб зменшити витрати матеріалу та витрати часу на її формування. Також варто враховувати фактор мінімізації об'єму упаковки для найбільш ефективного складування і транспортування.

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

- надійна фіксація товару всередині групової упаковки;
- невисока вартість;
- економія площі під час зберігання та транспортування за рахунок зменшення габаритів транспортної тари у порівнянні з альтернативними видами транспортної тари (ящики, піддони тощо).

Таблиця 1.3 – Залежність товщини термоусадкової ПЕ-плівки від маси вантажопакета

Маса групової упаковки, кг	Рекомендована товщина плівки, мм
До 3	0,03
від 3 до 5	0,04
від 5 до 10	0,06
від 10 до 20	0,08
від 20 до 30	0,12

Приклад групової упаковки з використанням термоусадкової плівки наведено на рис. 1.2.

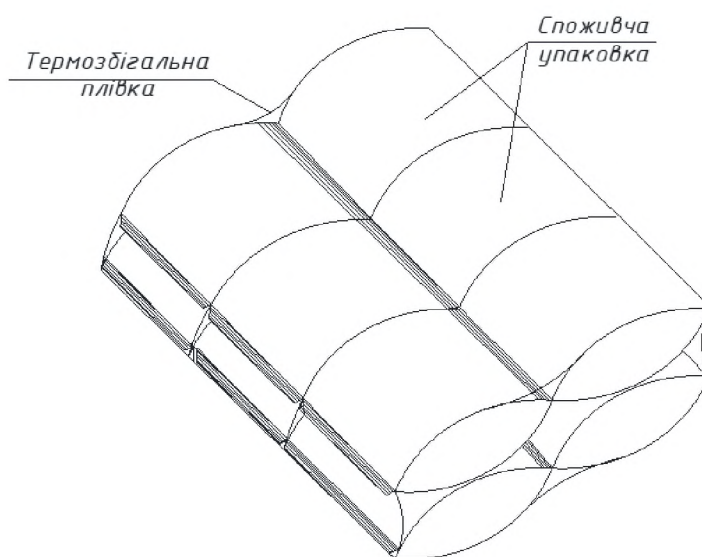


Рисунок 1.2. – Групове пакування в термозбігальній плівці

2.3. Опис технологічної схеми пакування

Технологічний процес пакування сипкої продукції в полімерні пакети складається з таких типових етапів [6-8]:

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

1. Подача продукту в завантажувальний бункер та дозування окремих порцій.
2. Розмотування плівки з ролону і протягування її в зону пакування.
3. Утворення плівкового рукава.
4. Зварювання поздовжнього шва пакета.
5. Протягування рукава на крок, який відповідає висоті пакета.
6. Зварювання нижнього поперечного шва пакета.
7. Фасування продукту у створений рукав.
8. Зварювання верхнього поперечного шва пакета.
9. Відокремлення (відрізання) пакета від рукава.
10. Відведення готової продукції від робочої зони пакувального автомата.
11. Формування транспортної (групової) упаковки.

Технологічну схему пакування сипкої продукції в полімерні пакети представлено на рис. 1.3.

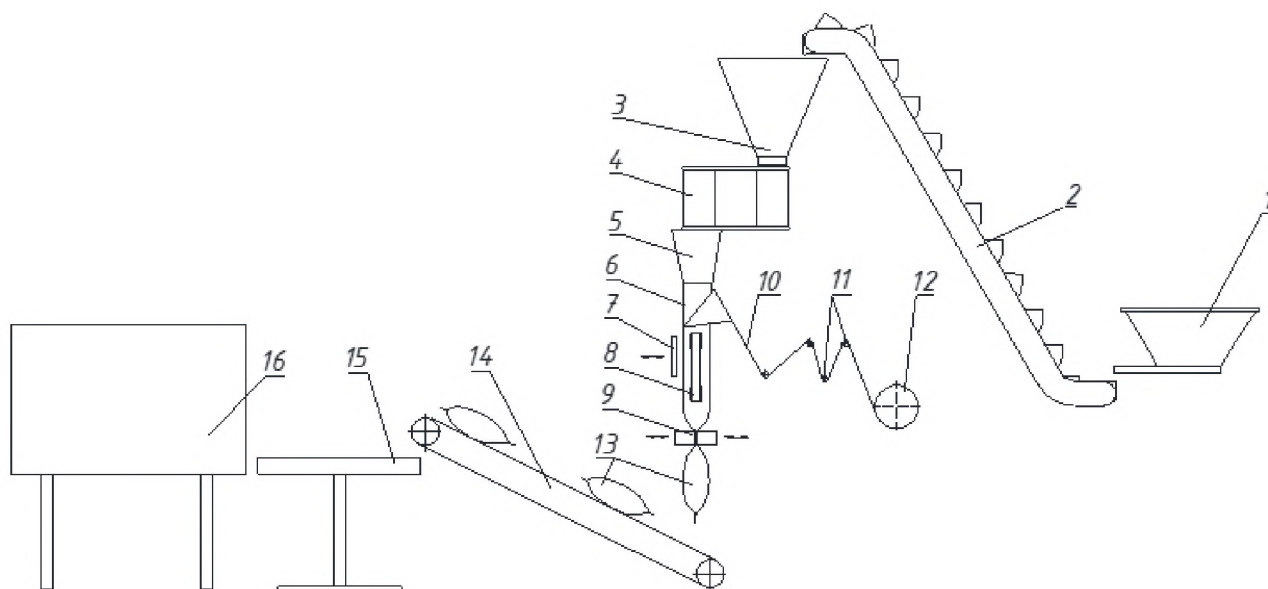


Рисунок 1.3 – Технологічна схема пакування сипкої продукції в споживчу упаковку: 1 – живильник; 2 – завантажувальний транспортер; 3 – завантажувальний бункер; 4 – дозатор стаканчиковий; 5 – приймальний бункер; 6 – рукавоутворювач; 7 – механізм поздовжнього зварювання; 8 – механізм протягування плівки; 9 – механізм поперечного зварювання; 10 – плівка; 11 – система подаючих валків; 12 – ролон; 13 – готова продукція (наповнений пакет); 14 – відповідний транспортер; 15 – накопичувальний стіл; 16 – термозбіжна машина

Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата

0235-25.00.00.00.000 ПЗ

Лист
21

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Опис структури та роботи технологічної лінії

Технологічна лінія пакування у даному випадку є однопотоковою лінією послідовної дії (табл. 2.1). Технологічний процес починається із вібраційного бункера-живильника Ело Пак, який призначений для створення запасу продукції, її розпушення, щоб запобігти злипанню частинок. З живильника продукт по випускних каналах потрапляє на завантажувальний транспортер Ело Пак.

Таблиця 2.1 – Структура потокової лінії для пакування сипкої продукції

Функціональні блоки	Обладнання пакувальної лінії
Накопичення запасу продукту	Віброживильник Ело Пак
Подача продукту	Завантажувальний транспортер Ело Пак
Дозування продукту	Дозувально-фасувальний блок автомата АФ-35-ОМ
Пакування в споживчу тару	Фасувально-пакувальний автомат АФ-35-ОМ
Відведення готових пакетів	Транспортер відвідний Ело Пак
Групове пакування в транспортну тару	Накопичувальний стіл
	Термозбіжна машина ТТ-15-ПАП

З транспортера продукт подається у завантажувальний бункер фасувально-пакувального автомата АФ-35-ОМ, звідки потрапляє у стаканчиковий дозатор, який відмірює дозу продукту на фасує її у приймальний бункер рукавоутворювача. Далі відбувається герметизація наповненого пакета зварюванням рукава. Після цього готова упаковка потрапляє на відвідний транспортер Ело Пак, який подає її від автомата до накопичувального столу, звідки передається оператором на столик термозбіжної машини. Там відбувається укладання упаковок у штабель: пакувальник відраховує необхідну кількість пакувань, впорядковує їх належним чином та обгортає в термозбігальну плівку. Після цього вантажопакет направляється у машину для термозбігання. Готові групові пакування укладають

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					22

на піддон для формування вантажної одиниці, яку транспортують на склад готової продукції.

Автомат фасувально-пакувальний вертикального типу АФ-35-ОМ [9] призначений для фасування і пакування сипкої продукції різного сировинного походження і складу в тришовні плівкові полімерні пакети Загальний вигляд модернізованого автомата представлено в графічній частині роботи.

Каркас 2 автомата являє собою зварну конструкцію (раму), на якій передбачено монтаж всіх виконавчих пристроїв та механізмів. Будова автомату є типовою для обладнання даного призначення. Розглянемо основні вузли детально [6-9].

У даній моделі дозувально-фасувальний блок автомата представлений завантажувальним бункером та дозатором стаканчиккового типу.

Принцип роботи стаканчиккового дозатора ґрунтується на відмірюванні дози продукту насипанням її у мірний стакан, об'єм якого відповідає потрібній масі порції. Після відмірювання дози продукту карусель диск дозатора обретається навколо осі на крок для розміщення стакана над приймальним бункром пакувального блоку автомата. Внаслідок обретання відкривається заслонка, яка закриває дно стакана, і відміряна порція через рукавоутворювач потрапляє у сформований плівковий рукав.

Робота пакувального плока починається з забезпечення подачі плівкового пакувального матеріалу у зону фасування продукту.

Механізм подачі плівки 10 представлений розмотувальним валом із встановленим на нього рулоном плівки. Він обладнаний пристроєм зворотнього динамічного гальмування. Гальмівний механізм фрикційного типу тягою зв'язаний із коливними роликами. У процесі протягування плівки коливні ролики переміщуються вгору за рахунок її натягу та через зусилля тяги послаблюють тиск паса гальмівного фрикціону на шків, який прикріплений на розмотувальному валі. Гальмівний момент зростає пропорційно стисканню пружини гальмівного фрикціону.

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					23

Рукавоутворювач 6 виконує дві функції одночасно: забезпечує потрібний напрямок переміщення продукту в пакет та формоутворює рукав із полотна полімерної плівки.

Механізми поздовжнього зварювання і механізм поперечного зварювання, протягування і відрізання 7 мають нагрівні поверхні прямокутної форми. Вони призначені для нагріву полімерного матеріалу до потрібної температури, при якій досягається надійне зварювання. Температура нагрівачів регулюється і підтримується на необхідному рівні з допомогою системи терморегуляції. Механізм поздовжнього зварювання виконує поздовжнє зварювання рукава. Він складається із зварної колодки з електронагрівачем і термодавачем. Колодка закріплена на важелі і приводиться в рух від пневмоциліндра. Змикання зварних губок поперечного зварювання здійснюється за допомогою пневмоциліндрів – вони забезпечують необхідне зусилля стискання стінок рукава під час зварювання. Механізм закріплений на рамі консольно і коливається за допомогою пневмоциліндра на шарнірах вгору-вниз.

Механізм поперечного зварювання забезпечує також відрізанням готового пакета. Механізм відрізання виконаний у вигляді ножа, розташованого між губками поперечного зварювання. Лінія розрізання знаходиться між поперечними швами суміжних пакетів.

Механізм протягування також об'єднаний із механізмом поперечного зварювання та призначений для синхронного зі зварюванням протягування плівки. Він сконструйований у вигляді плити, яка зв'язана з ексцентриком з допомогою коливного важеля та виконує поступально-обертальний рух у вертикальній площині. На цій плиті розташовані, відповідно, механізми поперечного зварювання та відрізання. Протягування рукава відбувається на відстань, яка відповідає амплітуді коливного руху плити.

Блок керування 8 містить апаратне забезпечення електроуправління. Панель керування виведена назовні короба та має кнопки на перемикачі для пуску, зупинки автомата, а також нагадження режимів роботи всіх виконавчих пристроїв.

										Лист
										24
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					

Автомат фасувально-пакувальний АФ-35-ОМ працює у наступній послідовності. Перед запуском рулон з плівкою встановлюється на рулонотримач механізму подачі плівки 10 і фіксується гайкою. Кінець плівкового полотна пропускається вручну навколо направляючих валків механізму подачі та обгортається завколо рукавоутворювача 6. Формуючий ворот у верхній частині рукавоутворювача забезпечує належне утворення рукава без заломів і змінань плівки. Обгортаючи рукавоутворювач, бічні кромки плівки накладаються одна на одну, після чого у місці нашарування плівка піддається термозварюванню у поздовжньому напрямку. Після відведення губки поздовжнього зварювання у неробоче положення губки механізму 7 змикаються, утворюючи поперечний зварний шов, який одночасно є верхом готового та дном наступного пакета. Одночасно з чим відбувається протягування рукава на крок, який відповідає заданій висоті пакета, а також розділення суміжних пакетів ножем.

За допомогою дозатора 3 відмірюється доза продукту об'ємним способом. Зі стаканчика сформована порція песипається в одну з 12-ти чаш накопичувача 4, звідки подається у приймальний бункер 5, і далі через рукавоутворювач 6 потрапляє в уже сформований рукав. Накопичувач 4 є елементом модернізації автомата АФ-35-ОМ. Конструкція накопичувача і принцип його роботи детально описано у п. 2.4.

Наступним етапом є герметизація пакету з продуктом. Вона реалізується механізмом попереднього зварювання 7. Відповідно, операції протягування і відрізання теж повторюються.

Готові упаковки потрапляють на приймальний лоток. Звідти вони подаються відвідним транспортером на стіл для накопичення і подальшого впорядкування для утворення групового пакування.

Технологічний процес пакування починається з подачі продукту від бункера-живильника до завантажувального бункера фасувально-пакувального автомата з допомогою завантажувального транспортера Ело Пак. Для забору готових пакетів від пакувального автомата у лінії використовується відвідний транспортер Ело Пак. Технічні характеристики обох транспортерів подані у табл. 2.2.

										Лист
										25
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	0235-25.00.00.00.000 ПЗ					

створенню протитиску. У процесі руху в зворотному напрямку дроселі виконують протилежні функції.

Зварні губки поздовжнього та поперечних нагрівачів складаються з нагріваючої та охолоджуючої частини. Частина стиснутого повітря, підведена від клапана, потрапляє в нагрівальну частину і нагрівається за допомогою ніхромової спіраліі забезпечує розігрів плівки до тепретаури зварювання. Друга частина повітря потрапляє в охолоджуючу частину і забезпечує охолодження шва. Кількість повітря регулюється гвинтом [10-12].

Пневматично-кінематична схема представлена у графічній частині роботи.

2.3. Розрахунок продуктивності технологічної лінії

Циклова продуктивність лінії $Q_{ц}$ – це кількість продукції, що виготовляється за одиницю часу при безперервній роботі обладнання, тобто за умови безперервного чергуванні циклів [8].

Дана пакувальна лінія є однопотоковою лінією з жорстким зв'язком між обладнанням. Продуктивність такої лінії в загальному випадку визначається за формулою:

$$Q_{ц} = \frac{p}{T_i},$$

де p – кількість паралельних потоків виробів (для однопотокових ліній $p = 1$);

T_i – тривалість робочого циклу, с.

Розроблена в кваліфікаційні роботі лінія складається з обладнання, яке має різну тривалість робочого циклу, тому її продуктивність будемо визначати продуктивністю найменш продуктивної одиниці устаткування – фасувально-пакувального автомата АФ-35-ОМ:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_{\max}} = \frac{1}{1,7} = 0,58 \text{ пак./с} = 35 \text{ пак./хв} = 2100 \text{ пак./год.}$$

Технічна продуктивність лінії, що включає її простоювання при відмовах обладнання і відновленні його працездатності, визначається з виразу:

$$Q_T = Q_{ц} \cdot K_T$$

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата						27

де K_r – коефіцієнт готовності лінії, який обчислюється за формулою:

$$K_r = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{r_i}} - 1 \right)},$$

де K_{r_i} – коефіцієнт готовності i -ої одиниці обладнання;

n – кількість технологічних машин в лінії.

Значення коефіцієнта готовності даної лінії визначимо як:

$$K_r = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{K_{r1}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{K_{r2}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{K_{r3}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{K_{r4}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{K_{r5}} - 1 \right)}$$

де K_{r1} – коефіцієнт готовності віброживильника Ело Пак;

K_{r2} – коефіцієнт готовності завантажувального транспортера Ело Пак;

K_{r3} – коефіцієнт готовності фасувально-пакувального автомата АФ-35-ОМ;

K_{r4} – коефіцієнт готовності відвідного транспортера Ело Пак;

K_{r5} – коефіцієнт готовності термозбіжної машини ТТ-15-ПАП.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$K_r = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{0,99} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,98} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,93} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,99} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,97} - 1 \right)} = 0,87,$$

Тоді технічна продуктивність лінії становитиме:

$$Q_r = Q_{ц} \cdot K_r = 2100 \cdot 0,87 = 1827 \text{ пак./год.}$$

2.4. Опис конструкції та роботи розробленого вузла

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано модернізувати автомат АФ-50-ОМ шляхом доповнення його структурного складу накопичувачем відміряних фасувальним блоком доз продукції з метою підвищення його надійності. Даний вузол дозволяє збільшити коефіцієнти готовності та технічного використання автомата завдяки створенню запасу доз на випадок відмови та простоювання фасувального або пакувального блоку.

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата						28

Момент інерції дозатора визначимо як:

$$J_1 = 0.5 \cdot m_1 \cdot \frac{D^2}{4} = 0.5 \cdot 15 \cdot \frac{50^2}{4} = 4687,5 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,47 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції накопичувача розрахуємо як:

$$J_2 = 0.5 \cdot m_2 \cdot \frac{D^2}{4} = 0.5 \cdot 35 \cdot \frac{100^2}{4} = 43750 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 4,37 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції дози продукту відносно осі обертання дозатора:

$$J_3 = J_e + m_e \cdot \frac{D_0^2}{4},$$

де $J_e = m_e \cdot \frac{d_e^2}{4}$ – момент інерції дози продукту відносно осі, яка проходить через його центр мас.

$$J_e = 2 \cdot \frac{11^2}{4} = 61 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 \approx 0,0061 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тоді

$$J_3 = 4 + 2 \cdot \frac{50^2}{4} = 1254 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,125 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції порції продукту відносно осі обертання накопичувача:

$$J_4 = J_e + m_e \cdot \frac{D_0^2}{4},$$

де $J_e = m_e \cdot \frac{d_e^2}{4}$ – момент інерції продукту відносно осі, яка проходить через його центр мас.

$$J_e = 2 \cdot \frac{20^2}{4} = 200 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 \approx 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тоді

$$J_4 = 12 + 2 \cdot \frac{100^2}{4} = 5012 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Загальний момент інерції:

$$J_{\text{кз}} = J_1 + J_2 + 4 \cdot J_3 + 12 \cdot J_4 = 0,47 + 4,37 + 4 \cdot 0,125 + 12 \cdot 0,5 = 11,84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Максимальне кутове прискорення визначимо з виразу:

$$\varepsilon_{\text{max}} = \frac{\pi^2 \cdot \varphi}{2 \cdot t_n^2}.$$

									Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата	023Б-25.00.00.00.000 ПЗ				31

Максимальне кутове прискорення дозатора буде:

$$\varepsilon_{\max 1} = \frac{3,14^2 \cdot 1,57}{2 \cdot 2^2} = 1,93 \text{ c}^{-1},$$

де φ_1 – кут повороту дозатора на крок ($\alpha_1 = 90^\circ = 1,57 \text{ рад}$)

t_{n1} – тривалість повороту дозатора на наступну позицію.

Максимальне кутове прискорення накопичувача становитиме:

$$\varepsilon_{\max 2} = \frac{3,14^2 \cdot 0,52}{2 \cdot 2^2} = 0,86 \text{ c}^{-1},$$

де φ_2 – кут повороту накопичувача на крок ($\alpha_2 = 30^\circ = 0,52 \text{ рад}$)

t_{n2} – тривалість повороту накопичувача в наступну позицію.

Підставивши отримані значення визначимо максимальний динамічний момент опору:

– дозатора:

$$M_{\partial.\max 1} = J_{кз} \cdot \varepsilon_{\max 1} = 11,84 \cdot 1,84 = 22,23 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– накопичувача:

$$M_{\partial.\max 2} = J_{кз} \cdot \varepsilon_{\max 2} = 11,84 \cdot 0,86 = 9,93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо максимальний сумарний момент опору:

$$M_{\max} = M_{cm} + M_{\partial.\max 1} + M_{\partial.\max 2} = 3,75 + 21,23 + 9,63 = 34,86 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність, необхідну для привода каруселі при врахуванні всіх отриманих розрахункових даних:

$$N_k = M_{\max} \cdot \omega_{\max}.$$

Визначаємо потужність привода каруселі, приведену до вала двигуна:

$$N_{к-д} = \frac{N_k}{\eta_0} = 1,2 \text{ кВт}$$

де η_0 – загальний ККД механізмів, які входять у кінематичний ланцюг від двигуна до каруселі:

$$\eta_0 = \eta_{\psi} \cdot \eta_{\phi} \cdot \eta_{ш} = 0,85 \cdot 0,75 \cdot 0,99 = 0,63,$$

де $\eta_{\psi} = 0,85$ – ККД пасової передачі;

$\eta_{\phi} = 0,75$ ККД фрикційної передачі;

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		32

$\eta_{ш} = 0,99$ ККД підшипника кочення.

З каталогу вибираємо двигун з найближчою більшою потужністю: трифазний, короткозамкнений, асинхронний двигун серії 4А тип 4А80В4У3 з такими технічними даними:

$N_{д,мах} = 1,5$ кВт – номінальна потужність двигуна;

$n_c = 1500$ хв⁻¹ – синхронна частота обертання;

$n_{д,ном} = 1440$ хв⁻¹ – частота обертання ротора;

$K_{пм} = 2$ – кратність пускового моменту.

Виконаємо перевірку вибраного двигуна на пусковий момент.

Спочатку визначимо пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{д,пус}} = K_{\text{пм}} \cdot \frac{N_{\text{д,ном}}}{\omega_{\text{д,ном}}} = 2 \cdot \frac{1500}{3,14 \cdot 1440} = 0,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо момент сил опору при старті, приведений до вала двигуна:

$$M_{\text{оп}} = K_{\text{пм}} \cdot \frac{M_{\text{д,ном}}}{U_0} \cdot \frac{f_0}{f} = \frac{34,86}{140} \cdot 2,5 = 0,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $U_0 = 140$ – загальне передавальне число кінематичного ланцюга;

$\frac{f_0}{f} = 2,5$ – відношення коефіцієнтів тертя спокою і тертя руху.

Порівнюємо отриманий пусковий момент $M_{\text{д,пус}}$ двигуна з моментом $M_{\text{оп}}$ сил опору пристрою.

Оскільки $M_{\text{д,пус}} = 0,7 > 0,5 = M_{\text{оп}}$, то приймаємо, що вибраний двигун підходить для виконання функцій дозувального-фасувального блоку автомата.

На основі знайдених параметрів двигуна визначимо параметри елементів кінематичної схеми дозувально-фасувального блоку автомата

1. Для забезпечення циклової продуктивності автомата $Q_{Ц} = 35$ пак./хв швидкість обертання каруселі дозатора має становити:

$$n_{\text{кар.доз.}} = \frac{Q_{Ц}}{p_{\text{доз}}} = \frac{35}{4} = 8,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

де $p_{\text{доз}}$ – кількість позицій дозатора (стаканчиків)

Для такої ж продуктивності швидкість обертання накопичувача має бути:

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		33

Розбивши на ступені привод каруселі накопичувача, отримаємо

$$U_0 = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3.$$

де U_1 – передавальне число черв’ячного редуктора;

U_2 – передавальне число циліндрично-зубчастої передачі;

U_3 – передавальне число пасової передачі.

Визначимо передавальне число пасової передачі

$$U_3 = \frac{U_0}{U_1 \cdot U_2} = \frac{654,54}{20 \cdot 8,18} = 4.$$

Виберемо діаметри шківів: $d_1 = 100$ мм, тоді $d_2 = 400$ мм.

5. З врахуванням знайдених передавальних чисел виконаємо перевірку швидкостей обертання всіх валів кінематичної схеми:

$$n_1 = \frac{n_0}{U_1} = \frac{1440}{20} = 72 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_2} = \frac{72}{8,18} = 8,8 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_3} = \frac{8,8}{4} = 2,2 \text{ об/хв}.$$

На основі отриманих результатів доповнимо спроектовану пневматично-кінематичну схему модернізованого автомата відповідними умовними позначеннями.

					023Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		35

Автомат АФ-35ОМ повинен експлуатуватись в закритих опалюваних приміщеннях при температурі від 15°C до 35°C і рівні вологості повітря до 65%. Обладнання розраховане на двозмінний режим роботи.

До обслуговування автомата допускаються працівники, які пройшли інструктаж з техніки безпеки на робочому місці, ознайомились з діючою інструкцією та методами роботи з обладнанням.

За способом захисту від ураження електричним струмом виробниче обладнання відносяться до класу 1.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу при роботі з устаткуванням необхідним є дотримання наступних правил техніки безпеки:

- перед початком роботи необхідно оглянути машину, видалити по сторонні предмети, які знаходяться на ній;
- категорично заборонено експлуатувати обладнанням, якщо його корпус не заземлений;
- не можна торкатись до елементів, які знаходяться під напругою під час експлуатації;
- забороняється змінювати комплектуючі частини під час роботи машини;
- ремонт можуть виконувати лише працівники, які мають дозвіл на роботи з напругою до 1000 В;
- не допускається залишати обладнання без нагляду у ввімкненому стані;
- до обслуговування допускаються виключно працівники, які пройшли інструктаж і ознайомлені з конструкцією і функціонуванням машини [13].

Можливі несправності автомата АФ-35-ОМ та способи їх усунення наведені в таблиці 3.2.

Накопичувач доз продукту, який забезпечує гнучкий міжопераційний зв'язок між фасувальним і пакувальним блоками автомата АФ-35-ОМ забезпечений засобами автоматизованої роботи, тому не потребує спеціальних навичок обслуговування. Оскільки він є складовим елементом автомата та його робота синхронізована із іншими виконавчими вузлами, на нього поширюються такі ж

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата						37

0235-25.00.00.00.000 ПЗ

автомата, а зі складу IV термозбіжна плівка подається до термозбіжної машини ТТ-15-ПАП. Дерев'яні європіддони та стретч-плівка постачаються до палетайзера зі складів V та VI. Піддони транспортуються у потрібній кількості до місця укладення на них групоких пакувань за допомогою електрокара.

Обгорнуті стретч-плівкою на палетайзері вантажні одиниці відвантажуються до складу готової продукції VII за допомогою електрокара.

3.3. Розрахунок вантажопотоків дільниці та періодичності поповнення запасів матеріалів

Виконаємо розрахунок вантажопотоків дільниці пакування [6].

1. Продуктивність завантажувального транспортера Ело Пак, призначеного для подачі сипкої продукції від живильника до завантажувального бункера автомата АФ-35-ОМ визначається за формулою:

$$M = 3600 \cdot \rho \cdot \frac{V_k \cdot v \cdot \varphi}{l},$$

де $V_k = 5 \cdot 10^{-3}$ – місткість ковша, м³;

$\varphi = 0,8$ – коефіцієнт заповнення ковша

$\rho = 200$ – насипна густина продукту, кг/м³;

$v = 0,250$ – швидкість руху стрічки транспортера, м/с;

$l = 0,3$ – відстань між ковшами, м.

Продуктивність транспортера буде становити:

$$M = 3600 \cdot 200 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 0,8}{0,3} \approx 3600 \text{ кг/год.}$$

2. Здійснимо розрахунок продуктивності відвідного транспортера Ело Пак.

Продуктивність транспортера неперервної дії визначається за формулою:

$$Q = 3600 \cdot \frac{v}{a},$$

де $v = 0,250$ – швидкість руху стрічки транспортера, м/с;

$a = 0,4$ – середня відстань між пакетами, м.

Підставивши дані, отримаємо:

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		39

Кількість шарів плівки в рулоні становитиме:

$$n = \frac{R - r}{h} = \frac{250 - 35}{0,2} = 1075,$$

де h – товщина плівки в рулоні, $h = 0,20$ мм.

Тоді довжина плівки в рулоні буде:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 142,5 \cdot 1075 = 962017,5 \text{ мм} \approx 962 \text{ м.}$$

Швидкість використання плівки (швидкість розмотування рулону) визначається з виразу:

$$v = Q_{ц} \cdot l,$$

де $Q_{ц}$ – циклова продуктивність автомату, шт/хв;

l – довжина одного пакету, м.

Фасувально-пакувальний автомат АФ-35-ОМ має продуктивність 35 пак./хв.; довжина плівки, яка витрачається на виготовлення одного пакета, становить 250 мм. Швидкість розмотування рулону буде рівною:

$$v = Q_{ц} \cdot l = 35 \cdot 0,25 = 8,75 \text{ м/хв} = 525 \text{ м/год}$$

Тоді тривалість використання одного рулону складе:

$$T_{зам} = \frac{L}{v} = \frac{962}{525} = 1,83 \text{ год.}$$

Отже, заміну рулону потрібно проводити кожні 1 годину 50 хвилин роботи автомата.

3.4. Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу дільниці

Для забезпечення безперебійної роботи лінії пакування потрібно дотримуватись систематичного догляду за устаткуванням та регулярно виконувати профілактичні ремонти відповідно до розробленого графіку. На якісне та ефективне функціонування ключової одиниці устаткування – фасувально-пакувального автомату АФ-35-ОМ – напряму впливає дотримання вимог до монтажу, виконання правил і режимів експлуатації, здійснення попереджувальних ремонтів.

Обслуговування лінії виконується на двох рівнях [13].

					023Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		41

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Аналіз виробництва

Для належної експлуатації технологічного устаткування на підприємстві повинно бути передбачене наступне:

- робочі зони виробничого обладнання і проходи до них не повинні загроможуватися;
- щит і автомати електричного обладнання обов'язково повинні бути заземлені;
- ремонт оснащення можна виконувати тільки після зняття напруги;
- під час роботи обладнання не можна проводити ремонтні та налагоджувальні роботи;
- миття виробничих приміщення слід виконувати після завершення кожної зміни;
- відповідальність за дотримання санітарних норм покладається на керівників відповідних підрозділів;
- загальний контроль здійснює лабораторія підприємства та відділ з техніки безпеки;
- робітники повинні забезпечуватись спецодягом згідно з типовими галузевими нормами безплатної видачі працівникам спеціального одягу та інших засобів індивідуального захисту на виробництві [13-15].

Значна увага приділяється, зокрема, дотриманню виробничої санітарії на підприємстві, в тому числі проведенню системних заходів, які зменшують або запобігають впливу на працівників шкідливих виробничих факторів. Одним із головних завдань виробничої санітарії є додержання нормативних меж параметрів мікроклімату приміщень. Для цього в цехах встановлюється припливно-витяжна вентиляція, яка відводить з приміщень вологе та нагріте повітря, натомість подає свіже чисте зовнішнє повітря.

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		43

Пакувальні машини призначені для роботи при нормальній температурі навколишнього середовища – 15°C- 35°C та відносній вологості повітря в межах 85% [14].

Дозувально-фасувальний автомат АФ-35-ОМ має досить високий ступінь складності. Його безпечна експлуатація залежить від проведення таких заходів:

- технічне обслуговування автомата повинне включати регламентовані операції для підтримання його працездатності протягом всього терміну служби, а саме: контроль технічного стану, систематичне миття, чищення, змащування, перевірка болтових з'єднань, вчасна заміна комплектуючих, регулювання тощо;

- своєчасний і якісний ремонт;

- правильна організація паспортизації;

- регулярне проведення навчання і інструктажів щодо експлуатації та перевірка знань персоналу з охорони праці;

- дотримання рекомендованої періодичності контрольних випробувань заземлення та якості ізоляції струмоведучих частин.

При експлуатації автомата потрібно керуватися вимогами, встановленими управлінням державного нагляду за охороною праці.

Для забезпечення оптимального виконання технологічного процесу та безаварійної експлуатації автомата необхідно:

- виконувати контроль технологічних параметрів процесу;

- забезпечити автоматичне регулювання та керування;

- впровадити протиаварійні захисні блокування та сигналізацію.

4.2. Заходи для приведення шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Ураження працівників електричним струмом є одним з найбільш небезпечних виробничих факторів, тож у першу чергу потрібно забезпечити високий рівень електробезпеки пакувального обладнання.

Електробезпека забезпечується безпосередньо конструкцією машини, а також організаційними і технічними заходами захисту працівників від ураження

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

023Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Лист

44

напругою до 1000 В. Повторна перевірка цих знань повинна проводитись не рідше одного разу на рік.

Таким чином, розроблений комплекс заходів з електробезпеки забезпечить безпечну експлуатацію пакувальної машини і дозволить запобігти виникненню виробничого травматизму.

Вище було зазначено, що шкідливим чинником при експлуатації виробничого обладнання є шум від його роботи. Відомо, що умовах науково-технічного прогресу шум став одним із відчутних несприятливих чинників, що негативно впливають на людину. Ріст потужностей сучасного виробництва посилює шкідливий вплив на людину шумів високої інтенсивності.

Детальний аналіз технічних характеристик розглядуваної пакувальної машини свідчить, що при її експлуатації серед шумів переважатимуть шуми механічного та електромагнітного походження.

Останні виникають внаслідок коливання елементів електромеханічних пристроїв під впливом змінних магнітних полів. За характером спектра виділяють широкосмужні (з неперервним спектром шириною більше, ніж одна октава) та тональні (спектрі присутні виражені дискретні тони). При цьому переважають постійні шуми, рівень звуку яких за восьмигодинний робочий день змінюється не більше, ніж на 5 дБ та коливальні (мінливі), рівень яких змінюється неперервно.

Нормування шуму здійснюємо залежно від його виду. Дослідивши технологічний процес та характеристики автомата АФ-35-ОМ, робимо висновок про доцільність нормування шуму за рівнем звуку.

Згідно з нормативними даними для умов виконання технологічного процесу пакування сипких продуктів максимальний рівень постійного шуму становить 105 дБ, а коливального 110 дБ.

При виборі заходів захисту від шуму дотримуємось рекомендацій нормативних документів щодо зменшення шуму на підприємствах харчової промисловості. Найефективнішим методом захисту від шуму в цехах харчових виробництв є зменшення його на шляху поширення. Цього можливо досягнути планувальними рішеннями у архітектурі виробничого приміщення.

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		46

Щодо заходів акустичного характеру, то рекомендованим є покриття стін звукоізолюючими матеріалами.

Такі заходи дозволяють зменшити шум та мінімізувати його поширення на суміжні приміщення.

Також має місце використання індивідуальних засобів захисту [18].

Для забезпечення нормалізації мікроклімату приміщення має бути передбачено наявність систем вентиляції та опалення.

Потрібну кратність обміну повітря забезпечує припливно-витяжна вентиляція. Допускаємо використання рециркульованого повітря (але не більше 20% – згідно нормативних вимог для даної категорії виробництв), що дозволить досягнути істотного зменшення енерговитрат на роботу системи механічної припливно-витяжної вентиляції.

З метою організованого надходження свіжого та видалення забрудненого повітря слід застосувати аерацію. Реалізувати її можна за рахунок виготовлення фрамуг в стінах будівлі – для надходження свіжого повітря ззовні та встановлення на даху будівлі спеціальних пристроїв – аераційних ліхтарів – для відведення забрудненого повітря. Таким чином у приміщенні можна забезпечити направлену циркуляцію повітря. Регулювання надходження та видалення повітря виконується перекриванням на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів, що особливо важливо в холодну пору року. У теплий період передбачено відкривання фрамуг, що розміщені на рівні 0,8 м від підлоги. У холодний період року надходження зовнішнього повітря регулюється верхнім рядом фрамуг, який розміщений на рівні 4,8 м від підлоги.

Характеристики природного та штучного освітлення вибираємо згідно рекомендацій СНіП II-4-99. Через нестачу природного освітлення у приміщеннях, потрібно використовувати комбіноване освітлення, котре забезпечить рівномірність освітлення всієї площі [16, 19].

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата		47

4.3. Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Одним із важливих завдань підприємства щодо збереження екології є запобігання шкідливому впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

Заходи можна здійснювати за двома рівнями:

1. Виробничий контроль за станом технологічного процесу і дотримання експлуатаційних параметрів газо- та пилоочисного устаткування.

2. Виявлення прорахунків у розробці технологічних процесів.

Для промислових територій характерна значна сконцентрованість джерел викиду забруднюючих речовин.

Сучасні промислові підприємства є джерелом постійного забруднення атмосфери газом та пилоподібними викидами. Поширеним є явище, коли основні фонди підприємств мають великий ступінь зношення, що зумовлює підвищене навантаження на екологічний стан навколишнього середовища. В результаті нарощування темпів виробництва особливого значення набуває проблема оптимізації техногенно-змінених територій за допомогою рослинності: планування і широке впровадження заходів, які мають на меті зниження негативного впливу на природу та здоров'я людини. Раціональне озеленення промайданчиків підприємств створює сприятливі умови для відпочинку працівників.

До основних заходів із оптимізації рослинного покриву промайданчиків підприємств слід віднести заміну стихійних рудеральних угруповань на культурні насадження, боротьба з алергенними видами рослин.

Зелені насадження мають виконувати такі функції:

- захист від шкідливих викидів виробництва (пилу, газу і т.д.);
- створення обладнаних місць відпочинку;
- захист від несприятливих кліматичних явищ: сильного вітру, високих температур, зниженої вологості повітря.

Для запобігання аварійних ситуацій, що становлять потенційну небезпеку для здоров'я та життя людей і є загрозою забруднення навколишнього середовища, поширеним є застосування контрольовано-вимірювальних і сигналізуючих приладів, які забезпечують підтримування параметрів технологічних процесів в межах

Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

0235-25.00.00.00.000 ПЗ

Лист

48

$H_0 = 0,7\text{ м}, B_c = 40\text{ мм}.$

4. Ґрунт – глина; склад – однорідний; вологість – мала. Кліматична зона – III.

Розрахунок параметрів заземлення:

1. Визначаємо розрахунковий струм замикання на землю I_3 і допустимий опір розтікання струму в заземлювальному пристрої R_0 , Ом відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) залежно від напруги, режиму нейтралі, потужності електроустановок. Отже, згідно з ПУЕ, $R_0 \leq 4\text{ Ом}$ [17].

2. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту (глини) залежної від коефіцієнта сезонності для кліматичної зони III:

$$\rho_{розр} = \rho_{табл} \cdot K_c,$$

де $\rho_{табл}$ – приблизне табличне значення питомого опору ґрунту, рекомендоване для розрахунку;

K_c – коефіцієнт сезонності.

При $\rho_{табл} = 60\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $K_c = 1,5$ [18], отже, $\rho_{розр}$ становитиме:

$$\rho_{розр} = 60 \cdot 1,5 = 90\text{ (Ом}\cdot\text{м)}.$$

3. Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача H (рис. 4.1) з виразу:

$$H = H_0 + \frac{l}{2},$$

де l – довжина заземлювача, м;

H_0 – глибина закладіння заземлювача, м.

Підставивши значення, одержимо:

$$H = H_0 + \frac{l}{2} = 0,7 + \frac{3}{2} = 2,2\text{ (м)}.$$

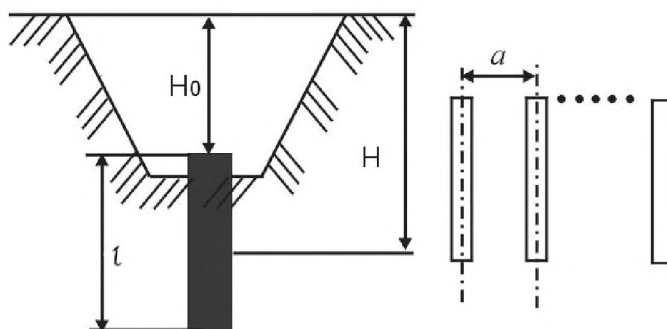


Рисунок 4.1 – Схема розміщення заземлювача в ґрунті

									Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата					50

4. Визначимо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі з виразу:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр}}}{l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4H + l_B}{4H - l_B} \right).$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$R_B = 0,366 \frac{90}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,035} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 26,4 \text{ (Ом)}.$$

5. Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів n_{op} за формулою:

$$n_{op} = \frac{R_B}{R_D \cdot \eta_B},$$

де η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

При $\eta_B = 1$:

$$n_{op} = \frac{R_B}{R_D} = \frac{26,4}{4} = 6,6.$$

Приймаємо $n_{op} = 7$ шт.

6. При відомій орієнтовній кількості вертикальних заземлювачів n_{op} , їх розташуванні (у ряд чи по контуру) і відношенні відстані між заземлювачами до їх довжини a/l , визначаємо довідкове значення [18] коефіцієнта використання η_B вертикальних заземлювачів. Приймаємо $\eta_B = 0,7$.

7. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів n_B з врахуванням коефіцієнта використання з формули:

$$n_B = \frac{R_B}{R_D \cdot \eta_B} = \frac{n_{op}}{\eta_B} = \frac{7}{0,7} = 9,9.$$

Приймаємо $n_B = 10$ шт.

8. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах $R_{\text{розр.в}}$ при η_B без врахування з'єднувальної стрічки.

Приймаємо, що усі вертикальні заземлювачі з'єднані паралельно.

										Лист
Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата						51

$$R_{\text{ПОЗР.}} = \frac{R_{\text{ПОЗР.В}} \cdot R_{\text{ПОЗР.Г}}}{R_{\text{ПОЗР.В}} + R_{\text{ПОЗР.Г}}} = \frac{3,8 \cdot 9,8}{3,8 + 9,8} = 2,7 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом},$$

що відповідає умові.

Таким чином, отриманий розрахунковий опір розтікання струму відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

14. Вибираємо матеріал та поперечний переріз з'єднувальних провідників і магістральної шини [20].

Приймаємо сталеву шину товщиною $\delta = 4$ мм і перетином 100 мм^2 .

Схема з'єднування обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм наведена на рис. 4.2.

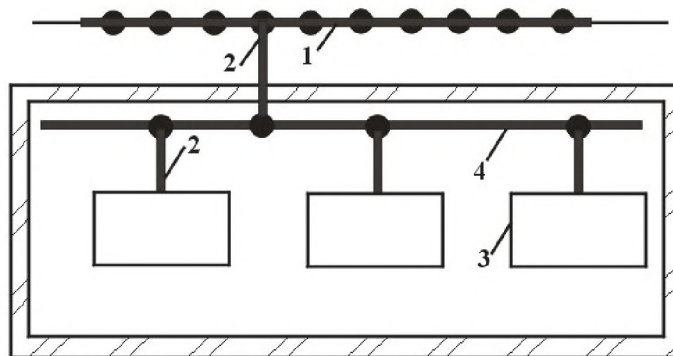


Рисунок 4.2 – Схема захисного заземлення: 1 – заземлюючий пристрій; 2 – заземлюючі провідники; 3 – обладнання, що заземлюється; 4 – внутрішня магістраль заземлення.

4.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства повинна відповідати вимогам Закону України Про пожежну безпеку, Правил пожежної безпеки в Україні та вимогам відповідних нормативних актів.

До комплексу заходів забезпечення пожежної безпеки підприємства належать: організаційно-технічні заходи, система протипожежного захисту та система запобігання пожежі.

Основними організаційними заходами є:

- організація пожежної охорони;
- проведення навчань з питань пожежної безпеки;

Змн..	Лист	№ документа	Підпис	Дата

– застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації;
– проведення перевірок та оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель тощо.

Будівля виробничого приміщення, в якому здійснюється дозування харчових сипких продуктів за вибухопожеженебезпекою відноситься до категорії Д.

Ступінь вогнестійкості будівлі – II.

Клас можливої пожежі – Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок).

Виробниче приміщення має бути оснащене первинними засобами пожежогасіння. Їх кількість повинна відповідати вимогам нормативних документів.

Для автоматичного виявлення пожежі у виробничому приміщенні, в якому здійснюється фасування продукції, використовується спеціальна установка на основі давачів, що реагують на появу диму.

Для автоматичного гасіння пожежі передбачено застосування спринклерної установки, принцип дії якої полягає у розплавленні під впливом високої температури легкоплавких замків на зрошувальних головках [17-19].

					023Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі виконано аналіз сипкої продукції як об'єкта пакування та детально проаналізовано поліетиленову та поліпропіленову плівки як типові пакувальні матеріали для широкого асортименту сипкої харчової продукції. Обгрунтовано вибір типу споживчої і транспортної упаковки.

Представлено типовий технологічний процес пакування сипкої продукції. Детально розглянуто будову та принцип роботи пакувального автомата АФ-35-ОМ, який реалізує технологічний процес пакування продукції у споживчу упаковку.

Розроблено вузол накопичення доз продукту з метою підвищення надійності пакувального автомата за рахунок запобігання простоюванням у зв'язку з можливими відмовами дозувально-фасувального модуля.

Отримано практичні навички з розробки та конструювання механізмів. Результатом проектування є загальний вигляд модернізованого автомата АФ-50-ОМ та складальне креслення розробленого вузла. Також розроблено представлено графічно пневматично-кінематичну схему пакувального автомата.

Виконано розрахунок параметрів модернізованого дозувально-фасувального блоку пакувального автомата.

Розраховано вантажопотоки ділянки пакування і обгрунтовано кількість обслуговуючого персоналу для належної експлуатації пакувальної лінії.

В розділі з охорони праці та навколишнього середовища розраховано захисне заземлення.

					0235-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55

ДОДАТКИ

					023Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Лист
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		58