

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 «МАГІСТР»

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМАТУ АДСП-2 З
ДЕТАЛЬНОЮ РОЗРОБКОЮ ДОЗАТОРА

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої
освіти
групи ІМм-21
Дубій Руслан Миколайович

(підпис)

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

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2024р.

к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПМ та М

_____ Р.РЕДЬКО

«_____» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дубію Руслану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: ***Модернізація автомату АДСП-2 з детальною розробкою дозатора,***

Керівник роботи: *Валецький Богдан Петрович, доцент, к.т.н.,* затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023 р. № 452/01-02.

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2024 р

3. Вихідні дані до роботи: літературні джерела, патенти

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

Вступ. 1 Технічна частина, 2 Технологічна частина. 3 Конструкторська частина. 4 Експлуатаційна частина. 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. 6. Спецчастина. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Загальний вигляд автоматизму для пакування сипких продуктів 4 листа ф.А1

Загальний вигляд дозатора для пакування сипких продуктів 1 лист ф.А1

Кінематична схема автомату ф.А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

03.09.2024 р _____**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми, огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>15.09.24</i>	
2.	<i>Технологічна частина</i>	<i>01.10.24</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>15.10.24</i>	
4.	<i>Експлуатаційна частина</i>	<i>25.10.24</i>	
5.	<i>Спецчастина</i>	<i>01.11.24</i>	
6.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.24</i>	
7.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.24</i>	
8.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.24</i>	

Студент _____
(підпис)Дубій Р.М.
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)Валецький Б.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дубій Р.М.: Модернізація автомату АДСП-2 з детальною розробкою дозатора. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 6 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

Здійснено детальний аналіз вихідних даних та визначена актуальність роботи. Описано технологічний процес дозування з наступним пакуванням драже у пачки та досліджена робота дозатора. Проведено детальний розрахунок вузлів приводу формування дози і його основних кінематичних параметрів.

Спроектовано споживче і транспортне пакування для драже. Проведено розрахунки функціонування автомату та його головні конструктивні параметри. Здійснено розгляд експлуатаційної частини роботи та проведений розрахунок необхідної кількості персоналу для обслуговування, матеріальні потоки, періодичності заміни плівкових запасів. Розроблено ряд заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на виробництві.

Ключові слова: фасування, автомат, упаковка, пакування, драже, плівка.

ANNOTATION

Dubiy R.M.: Modernisation of the ADSP-2 automatic machine with detailed development of the dispenser.

Qualification work of the master's degree in Applied Mechanics, speciality 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The master's qualification work consists of an introduction, 6 chapters, conclusions and suggestions, a list of references.

A detailed analysis of the initial data was carried out and the relevance of the work was determined. The technological process of dosing with subsequent packaging of dragees in packs is described and the operation of the dosing machine is investigated. A detailed calculation of the dosing drive units and its main kinematic parameters was carried out.

Consumer and transport packaging for the dragee was designed. The functioning of the machine and its main design parameters were calculated. The operational part of the operation was considered and the required number of personnel for maintenance, material flows, and the frequency of replacing film stocks were calculated. A number of measures for labour protection and safety in emergency situations at work have been developed.

Keywords: packaging, machine, packaging, packaging, dragee, film.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Аналіз вихідних даних та поставленої проблематики.....	10
1.2 Огляд аналогів машин та вузлів лінії, недоліки та шляхи вдосконалення	10
1.3 Постановка задачі атестаційної роботи магістра.....	14
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Вибір матеріалу для пакування.....	15
2.2 Проектування споживчої і транспортної упаковки	19
2.3 Розробка технологічного процесу та операцій пакування.....	23
2.4 Вибір технологічних режимів і нормування операцій технологічного процесу.....	24
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	26
3.1 Опис конструкції та роботи машин технологічної лінії	26
3.2 Розрахунки продуктивності машини	28
3.3 Опис кінематичної схеми машини.....	29
3.4 Опис конструкції та роботи модернізованого вузла машини.....	31
3.5 Розрахунок приводу дозатора.....	33
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	42
4.1 Монтаж, ремонт і умови експлуатації машини, особливості експлуатації модернізованого вузла.....	42
4.2 Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу	44
4.3 Розрахунок геометричних параметрів бункера дозатора	45
4.4 Розрахунок періодичності поповнення запасу матеріалу	46
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
5.1 Аналіз виробництва.....	48

5.2 Заходи для приведення шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог	50
5.3 Заходи для охорони навколишнього середовища	51
5.4 Розрахункова частина	52
5.5 Пожежна безпека	53
РОЗДІЛ 6 СПЕЦЧАСТИНА (визначення функціональної точності дозування продукту)	55
ВИСНОВОК	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна практика проектування та маркетингу полімерного пакування свідчить про те, що нинішні уявлення про упаковку для кондитерських виробів, як окремого об'єкту, стають застарілими. Розвиток цього напрямку вимагає розгляду упаковки в контексті системи «продукт - упаковка».

Такий підхід є актуальним, оскільки упаковка повинна виконувати свою основну функцію - захист продукту для збереження його властивостей і якості, закладених виробником, під час доставки кінцевому споживачу. Тому необхідно розробляти обладнання, яке відповідатиме цим вимогам.

Усі кондитерські підприємства, які займаються логістикою та транспортуванням продукції, стикаються з проблемами, пов'язаними з гарантованою доставкою продукту споживачу. Вирішення цих проблем вимагає певних знань і навичок. Зазвичай основне значення має попередній досвід, на основі якого висувуються вимоги до упаковки. Проте, через зростаючі вимоги логістики, використання минулого досвіду для вирішення проблем транспортування стає недостатнім. Ефективне вирішення таких задач потребує знання, що дозволяють вирішувати не лише поточні проблеми, але й вдосконалювати технологічні процеси.

Хоча транспортування продукту є основним джерелом вимог для проектування упаковки, виробники кондитерської продукції часто уникають обговорення цієї проблеми з постачальниками упаковки. Це особливо помітно під час обговорення технічних вимог до проектування та розробки упаковки та обладнання.

Мета і завдання дослідження: Удосконалення автомату для дозування та пакування сипкого продукту у полімерні пакети з детальною розробкою дозатора.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання:

- Використати функціонально-модульний принцип побудови пакувальних машин та технологічних ліній, що скорочує терміни проектування і виготовлення обладнання.

- Розробити споживчу і транспортну упаковку для драже.

- Дослідити роботу машини для фасування та пакування дрібноштучних сипких продуктів та вдосконалити вузол дозування, пакування, багаторядного одночасного формування пакетів при фасуванні драже.

- Обґрунтувати експлуатаційні особливості вузла та машини.

Об'єкт дослідження: процес фасування та пакування дрібноштучних продуктів з одночасним формуванням плівкового пакування.

Предмет дослідження: машина для фасування та пакування продукту, вузол формування, фасування та пакування.

Методи дослідження: Теоретичні дослідження проводились на основі класичних положень теорії механізмів і машин, теоретичної механіки, опору матеріалів.

Особистий внесок магістранта: Основні результати і висновки, що становлять суть магістерської роботи, належать автору. Визначено мету і завдання досліджень, розроблено споживчу і транспортну упаковку для драже, досліджено роботу фасувального та пакувального вузлів автомату та модернізовано їх, підвищивши універсальність.

Результати дослідження були представлені на IV студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», 15 листопада 2024 р., м.Луцьк. Тема доповіді: «Ефективність та оптимізація процесу пакування сипучих продуктів».

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вихідних даних та поставленої проблематики

Автомат призначений для пакування сипких продуктів у прямокутні пакети з харчової поліетиленової плівки або на основі комбінованого матеріалу.

Автомат складається з наступних механізмів:

- дозування продукту;
- формування труб пакувального матеріалу;
- зварювання повздовжніх швів;
- розмотування 2-х рулонів пакувального матеріалу;
- зварювання поперечних швів і відрізка пакетів;
- обліку пакетів;
- прийому пакетів і перевантаження в тару;
- блок сигналізації, автоматики.

1.2 Огляд аналогів машин та вузлів лінії, недоліки та шляхи вдосконалення

Автомат «OMAG» для різноманітних продуктів має варіації за кількістю потоків: від 2 до 8, та дозволяє виготовляти пакування для усіх в'язких продуктів, таких як шампуні, рідкі миючі засоби, креми, сиропи, майонез, гірчиця, томатна паста, кетчуп, рідка карамель, тощо. Упаковка представляє собою пакети, запаяні з усіх сторін.

Розмір пакетів: для варіацій з кількістю потоків до 3 може регулюватися в певних межах як за шириною, так і за довжиною. Для варіацій з 4 і більше потоками ширина пакетів фіксована, і можлива лише регулювання довжини пакету. В залежності від конкретної варіації, формат пакетів можуть варіюватися від мінімального розміру 35×40 мм до максимального 120×200 мм. Машина має габарити: ширину від 200 до 500 мм, яка ділиться на доріжки, відповідні ширині пакету.



Рисунок 1.1 – Багатопотоковий автомат моделі «ОМАГ»

Опис автомата «ОМАГ»:

- Контроль довжини пакету: здійснюється за допомогою енкодера та електронної системи управління.
- Компоненти: всі механічні, електричні та пневматичні частини марковані та легко замінюються.
- Розмотування рулону: автоматичне, з електронним контролем натягу та системою аварійної сигналізації, яка зупиняє автомат при закінченні пакувального матеріалу.
- Привід: серводвигун BRUSHLESS з електронним контролем.
- Центрування малюнка: фотоелемент для центрування друкарського малюнка на обох сторонах пакету.
- Управління: сенсорний дисплей OMRON, який дозволяє встановлювати та запам'ятовувати параметри робочого циклу, а також відображати аварії та дані самодіагностики.
- Безпека: відповідає нормам ЄС.
- Транспорт: обладнаний системою бракування порожніх пакетів.

Система дозування:

- Використовується пневматична помпа з розподільним поворотним клапаном.
- Бункер підігрівається та має електронний контроль температури.
- Всі деталі, що контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі або матеріалів, придатних для харчової та хіміко-фармацевтичної промисловості.
- Система «повернення краплі» запобігає попаданню продукту у верхній шов.

Швидкість:

- До 50-60 циклів на хвилину, залежно від об'єму фасування.
- Реальна продуктивність пропорційна числу доріжок.
- Машина безперервної дії, використовує один рулон термозварювального пакувального матеріалу.
- Контроль, регулювання та технічне обслуговування спрощені та не вимагають висококваліфікованого технічного персоналу.

Таблиця 1.1. – Технічна характеристика автомату «ОМАГ»

Технічні характеристики:	Одиниця виміру
кількість доріжок	до 12;
діаметр бобіни:	до 500 мм;
ширина бобіни:	до 1200 мм;
напруга живлення	380 В/50 Гц;
Потужність, що споживається	10-20 кВт;
Живлення стисненим повітрям	5-6 атм.
витрати повітря	200-600 л/хв.
рівень шуму	78 Дб.
розміри: приблизно	1700×2300×2900 мм;
маса	від 1200 до 1900 кг;
пакувальний матеріал	будь-який термозварний матеріал

Вертикальний автомат типу «Пітпак Н» призначений для автоматичного формування пачок з пропіленою плівки або інших термозварних рулонних матеріалів, забезпечуючи дозоване фасування крихких продуктів та запобігаючи їх механічних пошкоджень. Цей автомат також дозволяє зварювати бічні грані пакета.

Базова комплектація «Пітпак Н» включає: механізм формування пакету; пристрій протягування плівки; поперечний і поздовжній зварювальні вузли; систему керування, що адаптована для роботи з різним типом дозатора; коло в губках поперечного зварювання; пристрій зчитування мітки; система зупинки / протягання на фотомітці; систему обдуву та охолодження шва (за необхідності); блок управління; пристрій натягування плівки; механізм контролю довжини пакета; механізм гальмування бобіни.



Рисунок 1.2 – Автомат вертикального типу «Пітпак Н»

Опції вертикального автомату похилого типу «Пітпак Н»: ваговий однопоточковий або двохпоточковий дозатор; мультиголовковий дозатор МП 210 / МП 214; ваговий трьох-, чотирьох поточний дозатор; пристрій просічки отвори «еврослот»; подаючий ковшовий та відвідний транспортери; система формування бічної складки пакету; пристрій формування плоского дна; термопринтер; система наповнення пакету інертним газом; система відсмоктування пилу; система зняття статичної електрики; віброворонка; проколювач отворів для виходу надлишків повітря; пристрій нанесення етикетки.

Таблиця 1.2. – Технічна характеристика «Пітпак Н»

Технічні характеристики:	Одиниця виміру
Кінематична продуктивність, мах, пакетів / хв.:	60
Габаритні розміри пакету, мах, мм:	
Довжина (за одну протяжку):	320 (з круглою трубою 500)
Ширина :	240 (на круглій трубі)
Діаметр тубуса:	до 160
Ширина х глибина пакета (на прямокутній трубі):	100×90 (поздовжній шов у грані) 150×90 (поздовжній шов по осі пакета)
Тип поздовжнього шва:	встик / внахлист
Маса дози, мах, л:	до 3
Розміри рулону плівки, мах, мм.:	
Діаметр:	400
Ширина:	500
Вага рулону плівки, мах, кг:	40
Робочий тиск в пневмосистемі, МПа:	0,6
Витрата повітря, л / хв:	400
Живлення машини:	380В; 3-ф; 50Гц
Габаритні розміри машини, (довжина х ширина х висота), мм:	2085×1130×1790
Маса машини, кг:	500
Споживана потужність / с проваркою граней, мах, кВт:	2,25/5

Особливістю даного автомату вертикального похилого типу «Пітпак Н» є: бережне пакування продукції через можливість нахилу тракту подачі продукту. Кут нахилу лежить в межах 25° - 45° , і він залежить від різноманітних властивостей продукту. Керування здійснюється РС контролером. Введення даних здійснюється з сенсорного дисплея.

1.3 Постановка задачі атестаційної роботи магістра

Завданням кваліфікаційної роботи магістранта є удосконалення автомату для дозування та пакування драже в полімерні пакети у з детальною розробкою дозатора . У роботі необхідно спроектувати споживче пакування та транспорту тару. Термін окупності не повинен перевищувати нормативу.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір матеріалу для пакування

Драже – це невеликі цукерки округлої форми, різних кольорів, з полірованою поверхнею. Основним компонентом драже є цукор (до 90%), що визначає їх високу харчову цінність. Асортимент драже становить понад 100 найменувань.

Драже складається з корпусу (основи) і оболонки. Види корпусів драже[8]:

- помадні: з помадної маси з додаванням смакових речовин;
- желейні: з желейної маси на основі пектину з додаванням фруктовоягідного пюре;
- фруктовоягідні: з фруктовоягідної маси або з сушених/заспиртованих плодів і ягід;
- карамелеві: з льодяникової карамелі, карамелі або грильязу;
- ядерні: з обсмажених ядер мигдалю, арахісу, горіхів;
- цукрові: з великих кристалів цукру;
- зернові: з зерен кукурудзи.

Оболонки драже бувають [8] цукрові, шоколадні або з хрусткою скоринкою.

Технологія виробництва драже включає три основні етапи:

- приготування основи драже.
- дражерування.
- глянсування.

Вимоги до упаковки [8]: матеріал упаковки не повинен взаємодіяти з продуктом, змінювати його смак, аромат, колір. Упаковка повинна бути технологічною, привабливою, зручною для покупця та відповідати екологічним нормам.

Переваги полімерних плівок: незмінність властивостей пакувального матеріалу; хімічна стійкість, газо-, паро-, волого- і жиронепроникність; відсутність втрат продукції через стінки тари.

Багатошарові комбіновані пакувальні матеріали:

Можливість варіювання властивостей завдяки вибору складу матеріалу, чергуванню шарів, адгезійній взаємодії між шарами.

Зовнішній шар захищає від зовнішнього впливу і є основою для друку.

Внутрішній шар забезпечує герметизацію, середній або зовнішній шар – бар'єрні властивості.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики матеріалу

Марка	SM 220	Одиниця виміру
Товщина	30-80	мкм
Маса 1 м ²	31,3-76,8	г
Вихід	31,9-13	м ² /кг
Границя міцності при розриві, не менше	150	МПа
Відносне видовження при розриві, не більше	150	%
Міцність на прокол, не менше	4,5	МПа
Температура зварювання	115-150	°С
Проникність, не менше		
- за O ₂	500-900	см ³ /м ² 1 доба. атм
- за H ₂ O	3-4	г/м ² 1 доба.

Серед двошарових плівок для пакування харчових продуктів найбільш популярним є матеріал SOLAN. Серед різновидів для шоколадного драже підходить марка SM 220. Ця плівка створюється шляхом напилення тонких шарів алюмінію у вакуумі на поверхню матеріалу. Металізація поєднується з міжшаровим друком і захищається прозорим полімерним шаром. Використання плівки SM 220 для драже зменшує проникність кисню в 2-2,5 рази, а вологої пари – в 1,5-2 рази.

Плівка SM 220 характеризується:

– досить високими фізико-механічними властивостями;

- фізіологічною нейтральністю;
- чудовими бар'єрними властивостями;
- розширеним діапазоном термозварювання;
- відмінною технологічністю;
- якісним оформленням у 8-10 шарового флексографічного друку;
- гарним зовнішнім виглядом.

Упаковка з ламінатів SOLAN створює у покупців враження високої якості продукції, свіжості та чистоти. Металізовані ламінати широко використовуються для пакування не лише драже, а й чіпсів, горіхів, чаю, кави та інших харчових продуктів. Плівки SOLAN мають глянцеvu поверхню та низький коефіцієнт тертя, що забезпечує плавне проходження плівки на високошвидкісних пакувальних автоматах. Крім того, SOLAN має термозварювальні шари, які дозволяють створювати надійні зварні шви та уникати нагнітання повітря всередину упаковки.

Транспортна упаковка для драже повинна надійно захищати продукт від механічних впливів (ударів, натисків, проколів) під час перевезення і зберігання. Важливо, щоб тара при зберіганні в морозильних камерах не втрачала вигляд і не розмокала при утворенні конденсату. Гофрований картон – це стабільна конструкція з повітря і паперу, яка легко виготовляється. Гладкі і гофровані листи склеюють у кілька шарів. Залежно від призначення і вимог до витримки навантажень виготовляють одно-, дво-, три- та п'ятишаровий гофрокартон.

Цей матеріал виготовляють з паперу й крохмального клею, які, в свою чергу, виробляються з деревини (папір) і з маїсу, пшениці чи картоплі (клей). Тому гофрований картон легко утилізувати. Гофрокартон – досить економічний пакувальний матеріал. При транспортних перевезеннях він незамінний. Якщо порівняти кількість перевезень упакованих в гофрокартон та в інші матеріали, то отримаємо такі співвідношення (у %): пінопласт – 1,1; фанера – 6,6; фольга – 10; плоский картон – 10,2; гофрокартон – 72,2. Все більше країн прагнуть використовувати високоякісний, екологічно

сприятливий та економічно вигідний пакувальний матеріал, яким є гофрований картон.

Причини постійного зростання використання гофрокартону для виробництва транспортної тари – це його незначна маса на одиницю площі, велика торцева жорсткість і хороші амортизаційні властивості. Для визначення типу використовуваного гофрокартону розрахуємо міцність тари.

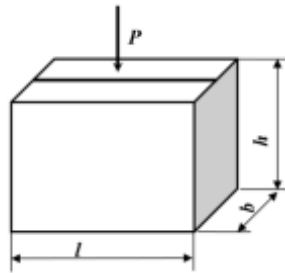


Рисунок 2.1 – Зусилля навантаження при стисканні ящика.

Довжина ящика $l=300\text{мм}$, а ширина $b=200\text{ см}$, висота $h=120\text{мм}$. Задаємо приймаємо навантаження для 50 – 90% усіх ящиків. Тривалість дії навантаження 150 діб. Часткове навантаження діє на 75% основної поверхні ящика. Напрямок зусилля тиску в момент стиснення показано на рис. 2.1. Необхідний опір ящика стисненню визначається (Н / м):

$$P = s_p s_t \sigma A,$$

де s_p – коефіцієнт міцності при миттєвому навантаженні,

s_t - коефіцієнт міцності при статичному навантаженні,

σ – максимальний тиск штабеля на нижній ящик, Н / м²,

A – площа поверхні основи ящика, см².

$$s_p = 100 / P = 1,42$$

$$s_t = 100 / \eta = 1,90$$

$$P = 1,42 \cdot 1,90 \sigma A = 2,7 \sigma A$$

Для більшої безпеки приймаємо $P = 3 \sigma A$

$$A = l b = 0,30 \cdot 0,20 = 0,0006 \text{ м}^2,$$

Для показника навантаження 50% будемо мати

$$\sigma = 7000 \text{ Н / м}^2$$

$$P = 3 \cdot 7000 \cdot 0,0006 = 12,6 \text{ Н.}$$

Для показника навантаження 95%

$$\sigma = 1400 \text{ Н/м}^2$$

$$P = 3 \cdot 1400 \cdot 0,0006 = 25,2 \text{ Н.}$$

Для забезпечення даних вимог матеріал має мати опір зламуванню

$$P_k = (P - 12,5) / 3,35 \text{ У}^{1/2},$$

Ці вимоги можуть бути забезпечені при використанні: тришарового гофрокартону WP – 3В ($P_k = 55,9 \text{ Н} \setminus \text{см}$), п'ятишарового гофрокартону WP-5В / А ($P_k = 117,7 \text{ Н} \setminus \text{см}$).

Отже, необхідно застосувати ящики з тришарового гофрованого картону (гофр В), які забезпечать цілісність споживчого пакування при транспортуванні.

Для транспортування фасоване драже запаковується у ящики з гофрованого картону у відповідності з ДСТУ 9245:2023.

2.2 Проектування споживчої і транспортної упаковки

Споживча тара , що призначена для продажів товару населенню, є складовою частиною товару та входить у вартість. Після купівлі вона переходить у власність споживача. Зазвичай така тара не призначена для самостійного транспортування і перевозиться в транспортній упаковці. Споживча тара завжди має лімітовану масу, місткість та габарити, причому її сумарний периметр зазвичай не повинен перевищувати 600 мм (європіддону).

Пачка драже – це продукт, який потребує упаковки. Важливо, щоб вартість упаковки не перевищувала вартість одиниці продукту, що знаходиться в ній. Пакування типу «Flow-Pack» повністю відповідає цим вимогам.

«Flow-Pack» – це м'яка споживча тара, яка являє собою пакет двома поперечними та з одним поздовжнім швами. Її основне призначення – забезпечити збереження продукції протягом встановленого терміну, захищаючи товар від пошкоджень і втрат. Вона повинна мати певну механічну міцність, бути зручною для обслуговування та споживання. Довжина та ширина пакувального матеріалу визначаються з об'єму пакованого продукту.

На споживчому пакованні необхідно розмістити маркування. Згідно з законом «Про захист прав споживачів» (стаття 7, відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 78, ст.276), маркування повинно містити наступну інформацію [8]:

Загальна назва харчового продукту.

Штрихове кодування.

Найменування і повна адреса виробника.

Позначення нормативного документа.

Номінальна кількість в установлених одиницях виміру.

Склад харчового продукту із зазначенням назв складників.

Енергетична цінність.

Дата виготовлення.

Термін та умови зберігання.

Споживче пакування, після наповнення його продукцією, вкладається до транспортної тари. Транспортна тара призначена для перевезення, складування і зберігання продукції. Габарити транспортної тари повинні враховувати габарити споживчого пакування та особливості його ергономіки (захват рукою, зручність транспортування).

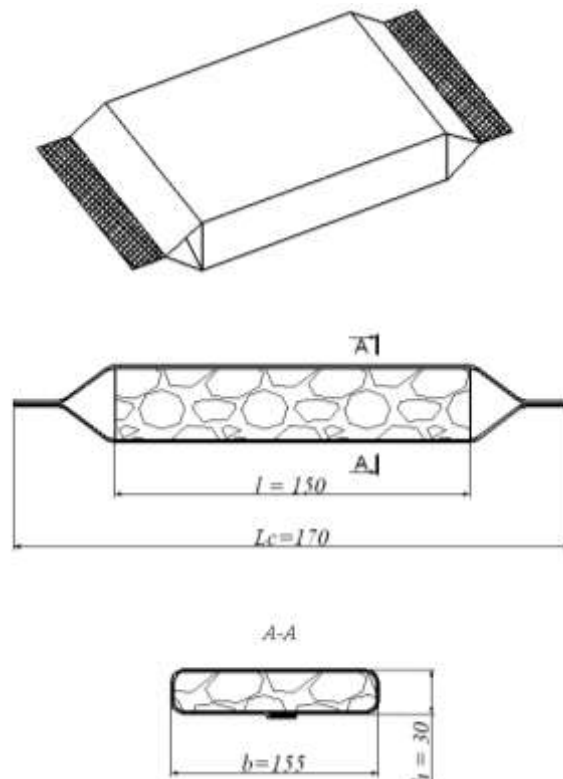


Рисунок 2.2 – Технічний ескіз споживчого пакування

Для транспортного пакування драже в упаковці «Flow-Pack» вибираємо картонний ящик (рис.2.3.). Це найрозповсюдженіша та екологічно чиста транспортна упаковка. Основними перевагами якої є [8]:

- адекватна міцність для транспортування;
- легкість та компактність;
- можливість пакування різноманітної продукції;
- екологічність та можливість друку ексклюзивних логотипів та інформації самими різними способами.

В картонний ящик будемо вкладати 14 пачок драже. Пачки розміщуються в 2 ряди та 2 штуки в кожному, і вкладається в 6 шарів .

Внутрішні розміри ящика визначаємо так:

- довжина $l_k = 2 \cdot l$;
- ширина $b_k = 2 \cdot b$;
- висота $h_k = 5 \cdot h$,

де h – висота пакованого виробу, $h = 20$ мм;

l – довжина пакованого виробу, $l = 150$ мм;

b – ширина пакованого виробу, $b = 100$ мм.

Отже, $l_k = 2 \cdot 150 = 300$ мм; $b_k = 2 \cdot 100 = 200$ мм; $h_k = 6 \cdot 20 = 120$ мм.

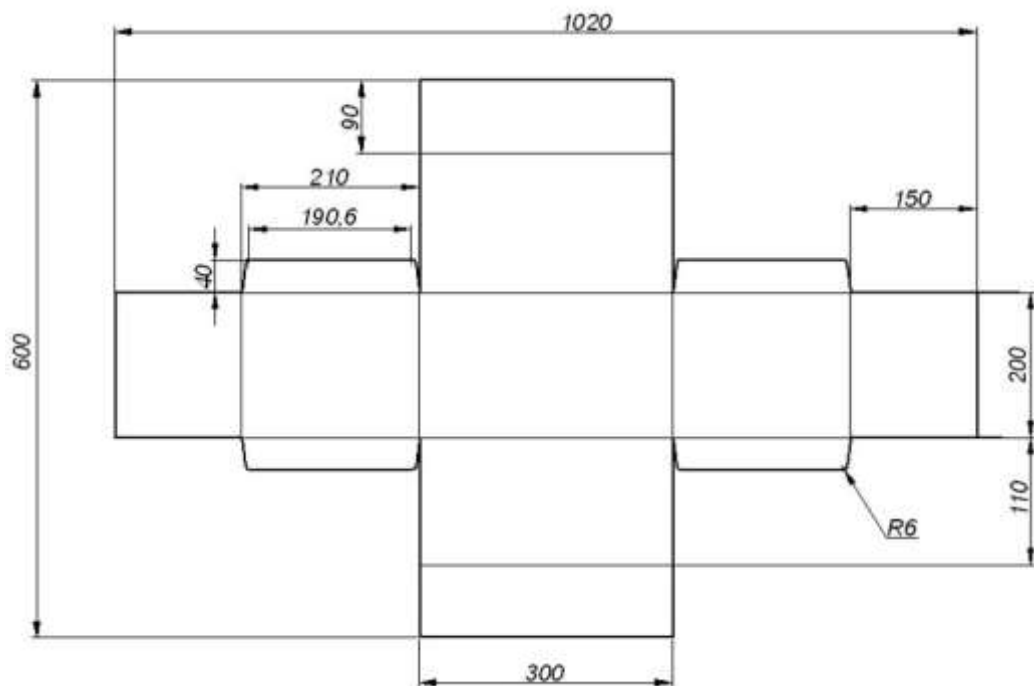


Рисунок 2.3 – Розгортка ящика з гофрованого картону з клапанами

Проте, лінії фальцювання змінюють розмір упаковки, тому для забезпечення заданих внутрішніх розмірів необхідно розрахувати розміри розгортки.

Збірні ящики з гофрокартону є основною тари з цього матеріалу. Вони виготовляються з сучасним рівнем автоматизації виробничих процесів. Основним є ящик з клапанами, які утворюються шляхом послідовного склеювання клапанів, для формування дна і кришки ящика. Для спрощення складання ящиків з гофрокартону формують лінії фальцювання у майбутніх місцях згину. Для виготовлення картонної тари додатково використовуються клейка стрічка та скоби.

Закривання картонної тари клейкою стрічкою широко застосовується. Клейка стрічка щільно закриває стики клапанів ящика, підвищує його міцність і захищає вміст ящика від пилу. Ми використовуємо полімерну клейку стрічку.

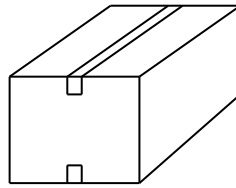


Рисунок 2.4 – Бандеролювання ящика клейкою стрічкою

Полімерні самоклеючі стрічки не потребують зволоження чи часу на висихання клею. Вони легко приклеюються до картону, достатньо лише міцно притиснути стрічку до поверхні. Для закривання ящиків використовуються прості пристрої з корпусом для рулону стрічки та відрізним механізмом.

Для зшивання гофрованого картону застосовують скоби з дроту за ДСТУ 3282 – 94. Дріт має круглий або плоский переріз і повинен мати міцність на розрив 800 – 850 МПа та відносне видовження 1%. Міцність закривання ящика залежить від кількості скоб, які легко видаляються, дозволяючи повторне використання ящиків без втрати зовнішнього вигляду.

Дизайн транспортної упаковки повинен забезпечувати легке виявлення товару. На картонних коробках є п'ять сторін для розміщення інформації. Основна сторона повинна бути простою та комунікативною, з ключовим образом. Бокові сторони використовуються для додаткової інформації, а

верхня оформляється як основна. Інформація на інших сторонах не повинна повторюватися.

Транспортне маркування здійснюється за ДСТУ 3058-95 та ДСТУ 7232:2011. На кресленні показано схему маркування упаковки для драже, з логотипом, назвою виробника та адресою на передній стороні. Інша інформація, як назва продукту, виробник, адреса, логотип, ТУ, маса нетто, вага, термін зберігання та штрих-код, розміщується на етикетці.

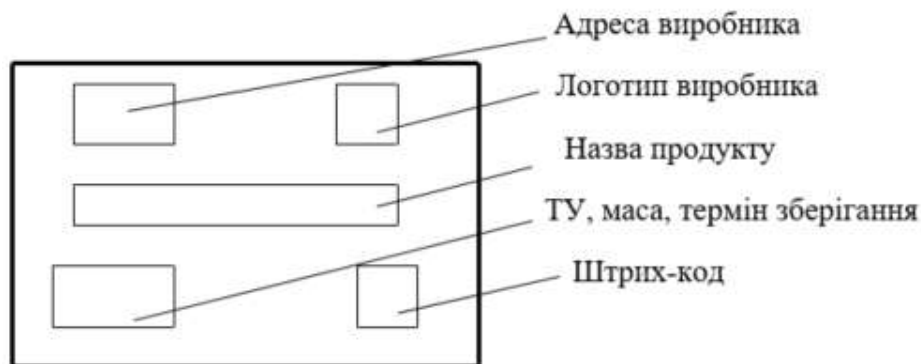


Рисунок 2.5 – Транспортна етикетка продукту

На транспортне пакування необхідно нанести відповідне маркування, що повинно містити: адреса виробника продукції; повна назва продукту, що реалізується; корисний об'єм тари; лого фірми-виробника; умови, терміни виготовлення чи кінцевого зберігання.

2.3 Розробка технологічного процесу та операцій пакування

Технологічний процес пакування драже в упаковку типу «Flow-Pack» з подальшим запаковуванням у картонні коробки відбувається так:

1. Пакувальний матеріал розмотується з двох рулонів під дією ваги ролика-компенсатора.
2. Плівка проходить через блок повздовжнього різання, де розрізається на чотири стрічки дисковими ножами.
3. Плівка змінює траєкторію руху через ролик, розташований під кутом 45° , і потрапляє у комірець формування пакетів.
4. У механізмі формування комірця крайні кромки двох стрічок пакувального матеріалу зводяться залежно від ємності пакетів, одночасно зварюються повздовжні шви.

5. Механізм зварювання повздовжніх швів забезпечує отримання 4, 8 або 16 зварних швів шириною від 5 до 8 мм кожний.

6. Напівготовий пакет подається до механізму зварювання поперечного шва, де утворюються два зварні шви: верхній заповнений і нижній незаповнений, з паралельним відрізанням наповненого ряду пакетів.

7. Готові пакети потрапляють на механізм прийому, який забезпечує їх транспортування на місце установки тари, виключаючи потрапляння ненаповнених пакетів на транспортуючий пристрій.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес пакування

№ операції	Назва операції	Функціональний вузол	Допоміжні операції
005	Виготовлення споживчої тари. 1. подача стрічкового матеріалу; 2. Розрізання на смужки 3. Формування рукава; 4. Зварювання пакету.	1. Система роликів; 2. Дискові ножі 3. Формуючий комірець; 4. Вузол повздовжнього зварювання.	Контроль наявності матеріалу, продукції і кроку подачі.
010	Запаковування. Поперечне зварювання, датування і відрізання.	Поперечні губки.	Контроль нанесення дати.
015	Відведення запакованого драже і подача його для пакування в транспортну упаковку.	Відвідний транспортер.	

2.4 Вибір технологічних режимів і нормування операцій технологічного процесу

Визначення геометрії мірних стаканчиків. Спочатку виконуємо розрахунок діаметру зон стаканчиків, для наступного визначення лише їх довжин.

З конструктивних міркувань беремо відстань між їх центрами $H = 90$ мм, а також враховуємо діаметри стаканчиків:

$$d_1 = 36 \text{ мм}, \quad d_2 = 50 \text{ мм}, \quad d_3 = 62 \text{ мм}.$$

Маючи мінімальний і максимальний об'єм дози, визначаєм довжину ділянок стаканчиків.

Мінімальним об'ємом дози є:

$$V_{\min} = 87.7 \text{ см}^3 = 87.7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3. \text{ Отже: } l_1 = \frac{V_{\min}}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}} = \frac{87.7 \cdot 10^3 \cdot 4}{\pi \cdot 36^2} \approx 80 \text{ мм}.$$

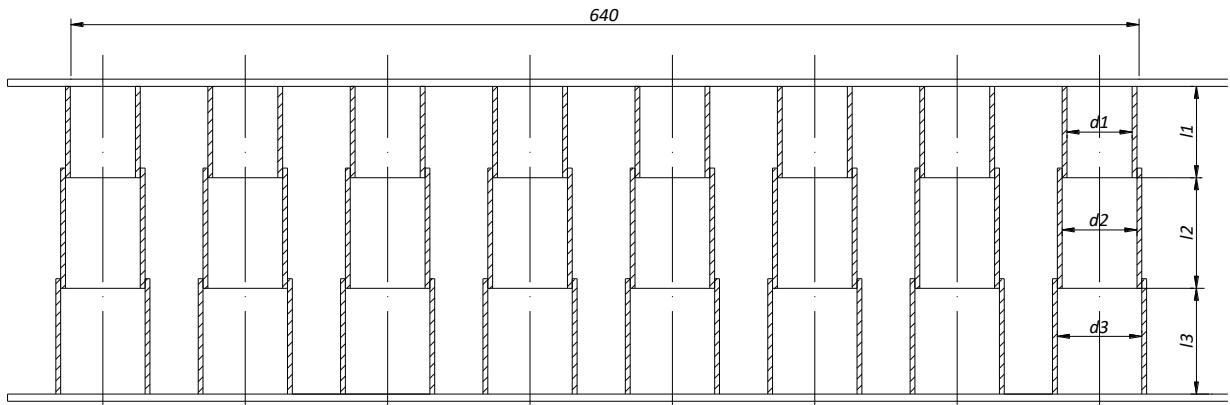


Рисунок 2 6 – Теоретична схема розрахунку мірних доз

Для ділянок з діаметром d_2 і d_3 беремо однакову довжину стаканчиків.

V_{\max} для 250 грам = 263 см^3 .

$$l_2 = l_3 = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\frac{\pi}{4} d_2^2 + d_3^2} = \frac{(263 - 87.7) \cdot 10^3 \cdot 4}{\pi (50^2 + 62^2)} = 35 \text{ мм}.$$

Для визначення інших доз що є у двічі більші ніж дає дозатор необхідно поєднувати дві менші дози до одного пакету.

Технологічний хід гвинта налаштування дози складає:

$$t = l_2 + l_3 = 70 \text{ мм}.$$

Дози у дозаторі налаштовуються автоматично. Для цього використовуємо привід і датчики зі зворотним зв'язком. За потреби збільшити об'єм дози, привід активується, а стаканчики розсуваються, доки об'єм не досягне заданого значення.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис конструкції та роботи машин технологічної лінії

Автомат має основу у вигляді зварного каркасу, на якому розташовані всі механізми та прилади керування. Всі механізми захищені металевими щитками, на яких, зокрема спереду автомата, знаходяться регулятор температури, блок установки і контролю пакетів, а також блок установки і контролю дози. На задній частині автомата розміщені блоки подачі пакувального матеріалу та блоки повздовжнього різання.

Автомат складається з наступних механізмів:

- механізм дозування продукту;
- механізм розмотування двох рулонів пакувального матеріалу;
- механізм формування труб пакувального матеріалу;
- механізм зварювання повздовжніх швів;
- механізм зварювання поперечних швів і відрізання пакетів;
- механізм прийому пакетів і перевантаження в тару;
- механізм обліку пакетів;
- блок управління, сигналізації та автоматики.

Механізм дозування складається з блоку, що забезпечує дискретне дозування в межах ємності одного пакету від 50 до 300 г з похибкою $\pm 2\%$. Він являє собою дозатор, що з'єднується з стаціонарним бункером за допомогою прийомно-передаючого пристрою. Механізм вивантаження продукту зі стаціонарного бункера працює за командами системи керування автомата.

Механізм розмотування забезпечує періодичну подачу стрічок пакувального матеріалу з двох рулонів без складок і перекосів. Використовується стрічка пакувального матеріалу шириною 400 мм, з зовнішнім діаметром рулону 300 мм і внутрішнім діаметром від 25 до 50 мм.

Подача стрічки відбувається наступним чином: розмотування під дією ваги ролика-компенсатора, далі вона проходить через вузол повздовжнього розрізання, ролик, що розташований під кутом 45° , який змінює траєкторію її

руху. Потім стрічка огинає наступний ролик і, рухаючись вниз, огинає тубус для формування пакету.

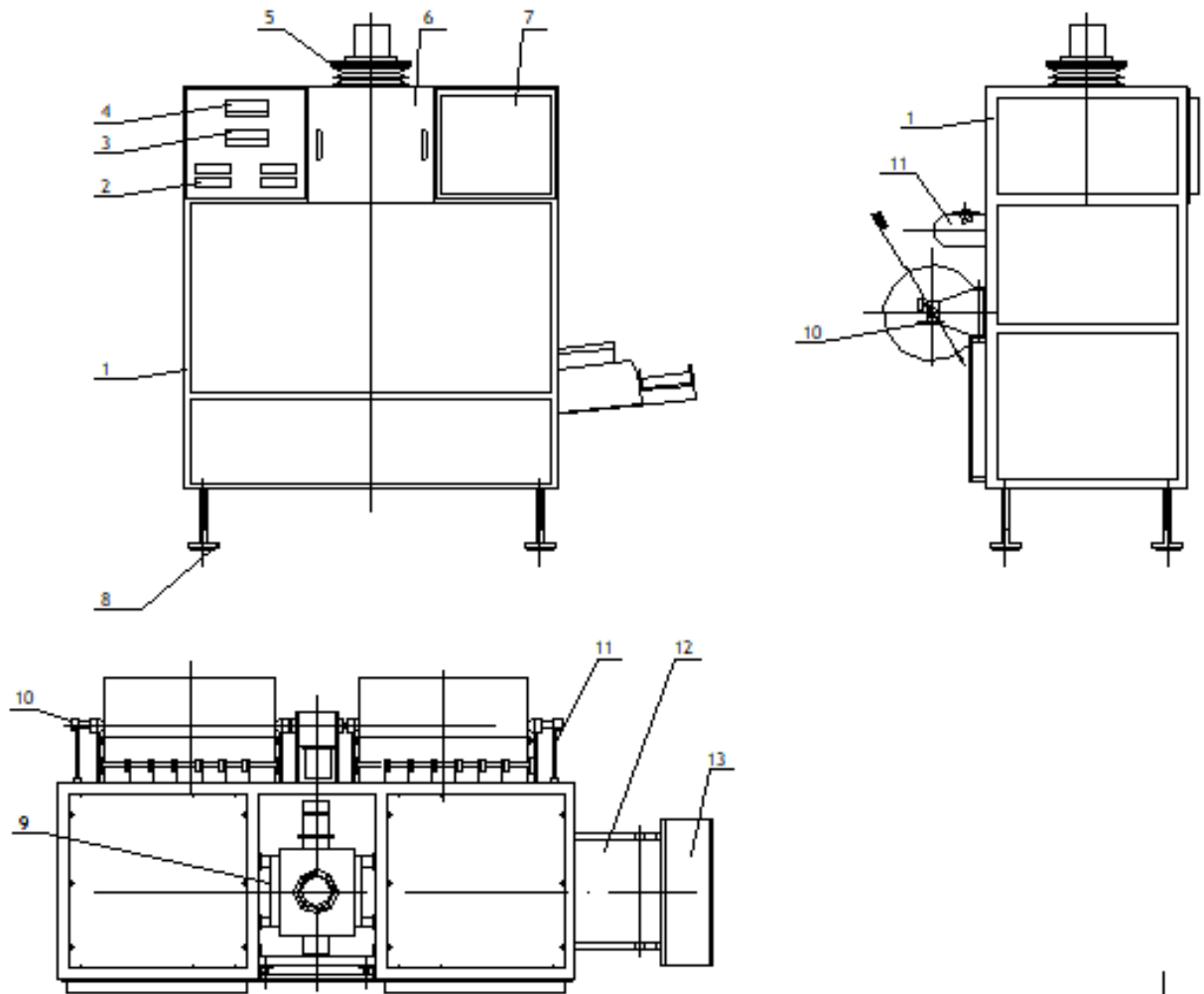


Рисунок 3.1 – Загальний вид автомату

Механізм формування труб робить зведення крайніх кромки двох стрічок пакувального матеріалу залежно від дози пакетів: на краях одного восьмикратного завантажувального тубуса, двох зчетверених або восьми одиничних завантажувальних тубусів. Одночасно з формуванням труб відбувається зварювання повздовжніх швів. Механізм зварювання повздовжніх швів забезпечує отримання на повздовжніх кромках 2, 4 або 8 зварних швів шириною від 5 до 8 мм кожний, завдяки розплавленню поліетилену без пропусків і перепалювання.

Після зварювання повздовжніх швів труба подається вниз до механізму зварювання поперечного шва. Механізм зварювання поперечного шва забезпечує одночасне отримання двох зварних швів: верхнього заповненого

поперечного ряду пакетів і даного незаповненого ряду пакетів, шириною до 8 мм кожний, з паралельним відрізанням наповненого ряду пакетів і їх проколом, за потреби, отворів декомпресії та нанесенням дати виробництва.

Після зварювання поперечних швів і відрізання готові пакети потрапляють на механізм прийому. Механізм прийому пакета і перевантаження в тару забезпечує їх прийом з наступним транспортування, виключаючи потрапляння ненаповнених пакетів на транспортуючий пристрій.

Механізм підрахунку забезпечує облік виданих пакетів з похибкою до 0,1% та сигналізацію заданої кількості з подальшим перемиканням потоку на наступну одиницю тари.

3.2 Розрахунки продуктивності машини

Продуктивності машини розраховується за формулою:

$$Q_{TEX} = \frac{1}{T} \cdot \eta_T;$$

де T – час робочого циклу пакування продукції;

η_T - коефіцієнт використання пакувальної машини (в нас $\eta_T=0,96$).

За наявністю в машини двох і більше робочих позицій, продуктивність визначається:

$$Q_{TEX} = \frac{P}{T} \cdot \eta_T;$$

де P – кількість робочих позицій (у нас 16 позицій, тобто 2 живильники з одночасним 8 кратним дозуванням).

Оскільки робочий цикл складається з виконання паралельних робочих та допоміжних (холостих) рухів, то:

$$T = T_{РОБ} + T_{ХОЛ};$$

де $T_{РОБ}$ – тривалість виконання максимальної паралельної робочої операції;

$T_{ХОЛ}$ - тривалість виконання холостих рухів.

Цикл роботи машини складається з наступних операцій:

- розмотування – 0,5 сек;
- розрізання – 1 сек;

- датування – 0,1 сек;
- формоутворення труби – 0,3 сек;
- зварювання поздовжнє – 0,8 сек;
- зварювання поперечне – 1,1 сек;
- розрізання – 0,2 сек;

Отже тривалість робочих операцій становить: $T_{\text{РОБ}} = 2,3$ сек.

Тривалість допоміжних операцій: $T_{\text{ХОЛ}} = 1,5$ сек.

Тому: $Q_{\text{тех}} = \frac{P}{T} \cdot \eta_T = \frac{16 \cdot 60}{3,8} \cdot 0,96 = 252$ пакетів/хв.

На основі даного розрахунку робимо висновок: фактична продуктивність машини становить 15120 пакетів на годину.

3.3 Опис кінематичної схеми машини

Привід шнека складається з двох електродвигунів постійного струму, що розміщені на осі шнека по обидві сторони, це спроектовано для зрівноваження дозатора.

Оскільки конструкція симетрична, розглянемо одну сторону бункера(рис.3.2.). Від високочастотного електродвигуна 1 обертовий момент подається на дисбалансний вібратор. Вібратори монтуються в дозаторі для забезпечення вібрації корпусу на пружних елементах, для запобігання налипання матеріалу на стінках бункера і шнека, та швидкого переміщення і заповнення мірних доз.

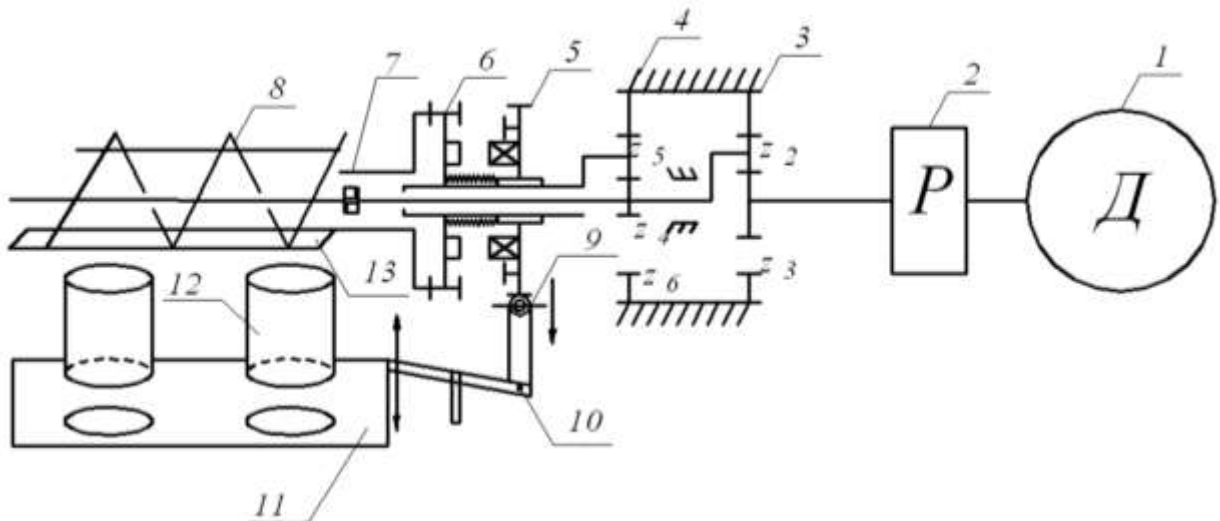


Рисунок 3.2 – Кінематична схема приводів дозатора

Для пониження частоти обертання застосовуються два планетарні редуктори. Перший (поз.3) має шестерні z_1, z_2, z_3 та його водило пов'язано з проміжним валом, що проходить по середині шнека. На проміжному валі закріплена ведуча шестерня z_4 планетарної передачі 4 з шестернями z_5, z_6, z_4 . Електромагнітна муфта 6 поєднує почергово привід зі шнеком та механізмом перекривання стаканчиків (заслінка 11). Якір муфти знаходиться в парі з втулкою 7, що закріплена на шнеку 8, та при вимкненій муфті оберти передаються на шнек. Якщо шнек робить повний оберт та заслінка 13 перекриває верхи стаканчиків від дозатора, йде сигнал на муфту 6, що вмикається і з'єднує 6 з муфтою 5, обертовий момент передається на рейкову передачу 9 і важелі 10, переміщуючи заслінку 11. Після відвантаження дози у пакети цикл повторюється.

Визначимо параметри планетарних передач. Нам відомо, що продуктивність дозатора 2400 доз/хв., маючи 8 мірних стаканчиків з продуктивність одного циліндра 30 доз/хв. Шнек має робити один оберт за 2с. Основною умовою є частота обертання шнека $n_{\text{шн}}^{\text{min}} = 30 \text{ об/хв.}$ однак час витрачається на відкривання і закривання дещо мірних стаканчиків. Отже, для $n_{\text{шн}}^{\text{max}} = 60 \text{ об/хв.}$ Вибираємо електродвигун у якого $N \geq 0.1 \text{ кВт.}$

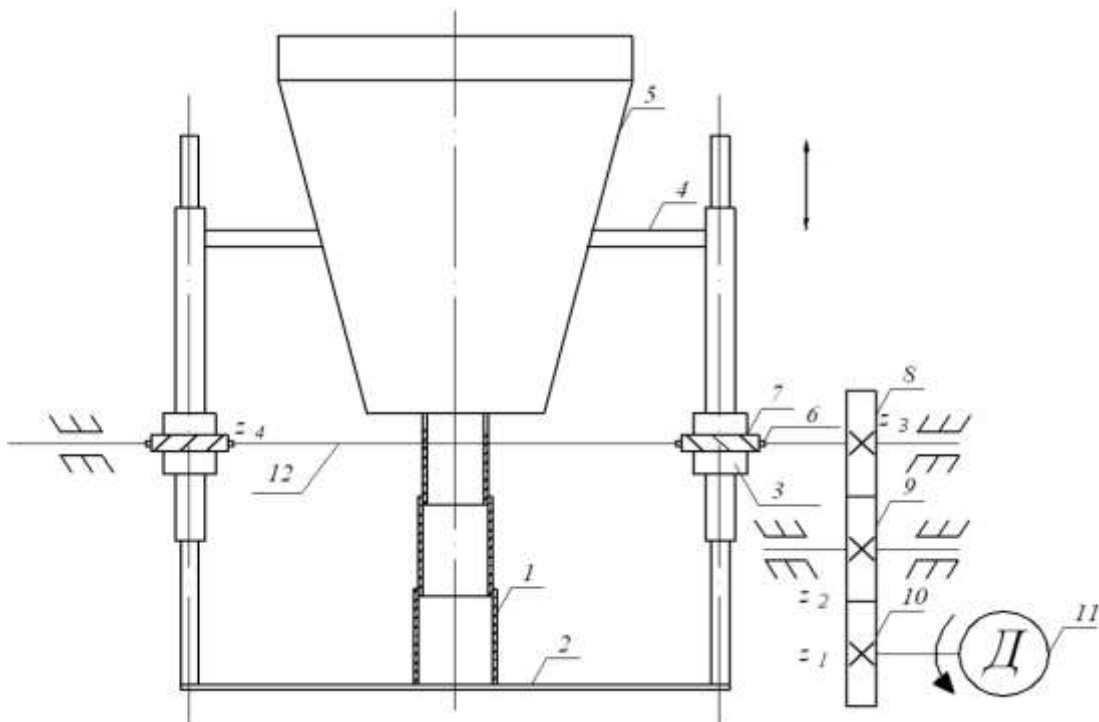


Рисунок 3.3 – Кінематична схема приводу встановлення дози

Нас влаштовує електродвигун постійного струму МК- 31 у якого $N_{\text{дв}} = 0.12 \text{ кВт}$, $n = 1000$ об/хв. Тому передавальне число $i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{шн}}} = \frac{1000}{60} = 16.66$.

З стандартного ряду найбільш підходить $i = 16.8$. Оскільки електродвигун постійного струму та частоту можна регулювати напругою, змінюючи продуктивність.

Для забезпечення необхідної дози (рис.3.3), за допомогою привода маєм змінювати положення стійки 2 відносно бункера 5. Щоб здійснити переміщення з точністю, був спроектований наступний механізм привода.

Переміщення стійки 2 на відстань $t = 70$ мм. відносно бункера та дозатора здійснюється за допомогою напрямних та двох гвинтових пар розміщених по обидві сторони бункера. Гайка гвинтової пари 3 виготовлена як блок з черв'ячним колесом 6 що входить у зачеплення з черв'яком 7. Від редуктора з зубчастими колесами 8, 9, 10 момент обертання передається на вісь черв'яка 6.

Ці гвинтові пари отримують в рух від черв'ячної передачі. Черв'яки 6 поєднані між собою карданом 12. До редуктора підключений електродвигун встановлення дози 11.

3.4 Опис конструкції та роботи модернізованого вузла машини

Автомат має основу у вигляді зварного каркасу, на якому розташовані всі механізми та прилади керування. Всі механізми захищені кожухами, на яких, попереду автомата, знаходяться регулятор температури, блок налаштування та контролю пакетів і дози. Позаду автомата розміщені блоки подачі пакувального матеріалу та б повздовжнього різання.

Автомат складається з наступних механізмів:

- дозування продукту;
- розмотування двох рулонів пакувального матеріалу;
- формування труб пакувального матеріалу;
- зварювання повздовжніх, поперечних швів і відрізання;
- прийому пакетів і перевантаження;
- підрахунку пакетів;

– блок управління, сигналізації та автоматики.

Вузол дозування дозволяє точно дозувати продукт у межах 50-300 г з похибкою $\pm 2\%$. Він складається з дозатора, який з'єднується зі стаціонарним бункером через приймально-перехідний пристрій. Вивантаження продукту зі стаціонарного бункера здійснюється за командами автоматичної системи управління.

Механізм розмотування забезпечує періодичну подачу пакувального матеріалу з двох рулонів без складок і перекосів. Застосовується стрічка шириною 800 мм, з зовнішнім діаметром рулону 300 мм і внутрішнім діаметром 25-50 мм.

Стрічка розмотується під дією ваги ролика-компенсатора, проходить через блок повздовжнього різання, а потім через ролик під кутом 45° , який змінює її траєкторію. Далі стрічка огинає наступний ролик і, рухаючись вниз, огинає тубуси для формування пакетів.

Механізм формування труб зводить крайні кромки двох стрічок пакувального матеріалу залежно від ємності пакетів: по краях одного восьмикратного тубуса, двох зчетверених або восьми одиничних тубусів. Одночасно відбувається зварювання повздовжніх швів, які мають ширину 5-8 мм кожний, завдяки розплавленню поліетилену без пропусків і перепалювання.

Після зварювання повздовжніх швів зварена труба подається до механізму зварювання поперечного шва. Цей механізм забезпечує одночасне отримання двох зварних швів: верхнього заповненого ряду пакетів і нижнього незаповненого ряду, шириною не менше 8 мм кожний. Одночасно відбувається відрізання наповненого ряду пакетів, проколюючи отвір декомпресії і нанесення дати.

Готові пакети потрапляють на механізм прийому, який забезпечує їх транспортування до місця установки тари, виключаючи потрапляння ненаповнених пакетів. Механізм обліку точно рахує видані пакети з похибкою до $0,1\%$ і сигналізує про досягнення заданої кількості, після чого перемикає потік на наступний пакет.

3.5 Розрахунок приводу дозатора

Розрахунок приводу дозатора починаємо з визначення геометричних параметрів бункера, шнека, а також у виборі муфт, редукторів, двигунів, що забезпечують роботу дозатора з заданою продуктивністю.

3.5.1 Розрахунок параметрів шнека

Визначаємо геометричні параметри шнека: діаметр D , крок S і діаметр шийки валу, його потужність.

Застосуємо спіральний тип гвинта. Продуктивність шнека визначим за формулою:

$$Q = V \cdot p = 60 \Pi \frac{D^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma \cdot C \quad (3.1)$$

де, V - об'ємна продуктивність;

$$p = 570 \text{г} / \text{дм}^3 = 570 \cdot \frac{10^{-3} \text{кг}}{10^{-3} \text{м}^3} - \text{вага об'ємного продукту};$$

$C = 1$ - коефіцієнт нахилу;

$S = \text{крок гвинта, } S=D$;

ψ – коефіцієнт наповнення, що змінюється при видачі продукту дозатором, тому $\psi \approx 0.8$;

$n = 30 \text{об} / \text{хв}$ – частота обертання шнека при мінімальному діаметрі.

Приймаємо діаметр гвинта $D = 100$ мм. згідно з даними нормального ряду. Внутрішній діаметр стрічки $d_{\text{вн}} = 40$ мм.

$$\text{Тому } Q = 60 \cdot \Pi \frac{0.1^2 - 0.04^2}{4} \cdot 0.1 \cdot 30 \cdot 0.8 \cdot 570 \cdot 1 = 541.2 \text{кг} / \text{год}.$$

За отриманою продуктивністю знаходимо потужність на валу шнека:

$$N_0 = \frac{Q \cdot h \cdot \omega_0}{367} \quad (3.2),$$

де, $h = 0.32$ м- довжина бункера;

$\omega_0 = 0.12$ – коефіцієнт опору матеріалу.

$$N_0 = \frac{541 \cdot 0.32 \cdot 0.12}{367} = 0.0566 \text{кВт}.$$

Врахувавши к.к.д., редуктора і підшипників $\eta = 0.6$ визначаємо потужність двигуна.

Необхідна потужність $N_{\text{дв}} \geq 0.1 \text{кВт}$.

$$N = \frac{N_0}{\eta} \quad (3.3.)$$

$$N = \frac{0.056}{0.6} \approx 0.093 \text{кВт} \approx 100 \text{Вт}.$$

Обертний момент на валу:

$$T_0 = 9750 \frac{N_0}{n} = 9750 \cdot \frac{0.0566}{30} = 18.4 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

3.5.2 Розрахунок планетарної передачі

Передача забезпечує передавальне відношення $i=16.8$, тому розбиваємо на дві планетарні передачі як $i = i_2 \cdot i_1 = 6 \cdot 2.8$

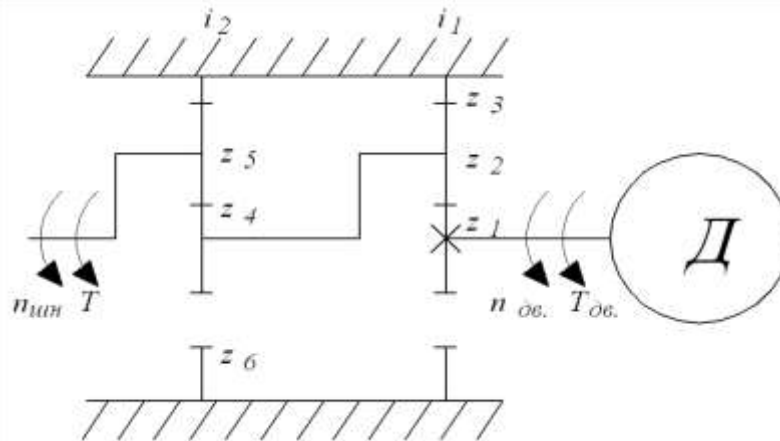


Рисунок 3.3 – Кінематична схема планетарної передачі

Вибираємо двигун приводу з частотою більшою за розрахункову, для можливості керування частотою обертання.

Задаємо кількість: сателітів $n_{c1}=4$; $n_{c2}=2$

зубців сонячного колеса $z_4=17$; $z_1=50$

Кількість зубців сателіта: згідно з [2]:

$$\begin{cases} z_5 = 0.5 \cdot z_4 \cdot (i_2 - 2) = 0.5 \cdot 17 \cdot (6 - 2) = 34 \\ z_2 = 0.5 \cdot z_1 \cdot (i_2 - 2) = 0.5 \cdot 50 \cdot (2.8 - 2) = 20. \end{cases} \quad (3.4)$$

За умови сусідства:

$$\begin{cases} (z_1 + z_2) \cdot \sin \frac{\Pi}{n_{c1}} \geq z_1 + 2 \\ (z_5 + z_4) \cdot \sin \frac{\Pi}{n_{c2}} \geq z_4 + 2. \end{cases} \quad (3.5)$$

Отримаємо:

$$\begin{cases} (50 + 20) \sin 45^\circ \geq 50 + 2 \\ (34 + 17) \sin 90^\circ \geq 17 + 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 42.5 \geq 52 \\ 51 \geq 19. \end{cases}$$

Розрахуємо кількість зубців, корончатого колеса за умовою співвідності.

$$\begin{cases} z_3 = z_1 + 2z_2 = 50 + 2 \cdot 20 = 90 \\ z_6 = z_4 + 2z_5 = 17 + 2 \cdot 34 = 85. \end{cases} \quad (3.6.)$$

Розрахуємо міжосьові відстані між сателітом і сонячним колесом:

$$\begin{cases} Q_{w12} \geq Ka(i_1 + 1) \sqrt{\frac{T_1 K_n \beta}{n_{c1} [\sigma_i]^2 \cdot i_1^2 \Psi_{ba}}} \\ Q_{w45} \geq Ka(i_2 + 1) \sqrt{\frac{T_2 K_i \beta}{n_{c2} [\sigma_i]^2 \cdot i_2^2 \Psi_{ba}}} ; \end{cases} \quad (3.7)$$

де, $K_a = 49.5$ - коефіцієнт передач з циліндричними колесами;

$K_{n\beta} = 1.2$ - коефіцієнт концентрації напружень;

$[\sigma] = 480$ МПа- контактне напруження;

$\Psi_{ba} = 0.5$ – коефіцієнт ширини сателіта;

T_1, T_2 – момент, що передають передачі планетарні;

$T_{zg} = 18.4$ Н · м – момент на гвинті.

$T_2 = \frac{T_{zg}}{i_2} = \frac{18.4}{6} = 3.06$ Н · м – момент другої передачі планетарної.

$$Q_{w12} \geq 49.5 \cdot (6 + 1) \cdot \sqrt{\frac{3.06 \cdot 1.2 \cdot 10^3}{2 \cdot [480]^2 \cdot 6^2 \cdot 0.15}} = 19.44 \text{ мм.} \quad (3.8)$$

Отже $Q_{w12} = 20$ мм.

$T_1 = \frac{T_2}{i_1} = \frac{3.06}{2.8} = 1.09$ Н · м – момент, що передає 1-ша передача

планетарна.

$$Q_{45} \geq 49.5 \cdot (2.8 + 1) \cdot \sqrt{\frac{1.09 \cdot 1.2 \cdot 10^3}{2 \cdot [480]^2 \cdot 2.8^2 \cdot 0.15}} = 13.49 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $Q_{45} = 22$ мм.

Розрахуємо модулі зачеплень:

$$\begin{cases} m_1 = \frac{2QW_{12}}{z_1 + z_2} = \frac{2 \cdot 19.44}{50 + 20} = \frac{40}{70} = 0.57 \text{ мм.} \\ m_2 = \frac{2QW_{45}}{z_4 + z_5} = \frac{2 \cdot 13.49}{17 + 34} = 0.529 \text{ мм.} \end{cases} \quad (3.9)$$

Отже $m_1 = 0.6 \text{ мм}$, $m_2 = 0.8 \text{ мм}$. Розрахуємо параметри ділільних кіл коліс:

$$\begin{aligned} d_1 &= m_1 z_1 = 0.6 \cdot 50 = 30 \text{ мм;} \\ d_2 &= m_1 z_2 = 0.6 \cdot 20 = 12 \text{ мм;} \\ d_3 &= m_1 z_3 = 0.6 \cdot 90 = 54 \text{ мм;} \\ b_{2,3} &= \Psi_{ba} \cdot Q_{w1,2} = 0.5 \cdot 20 = 10 \text{ мм;} \\ d_4 &= m_2 z_4 = 0.8 \cdot 17 = 13.6 \text{ мм;} \\ d_5 &= m_2 z_5 = 0.8 \cdot 34 = 27.2 \text{ мм;} \\ d_6 &= m_2 \cdot z_6 = 0.8 \cdot 8.5 = 68 \text{ мм;} \\ b_{5,6} &= \Psi_{ba} \cdot Q_{w4,5} = 0.5 \cdot 22 = 11 \text{ мм.} \end{aligned}$$

На основі отриманих значень і проектуємо планетарну передачу.

3.5.3 Розрахунок передачі приводу та вибір двигуна

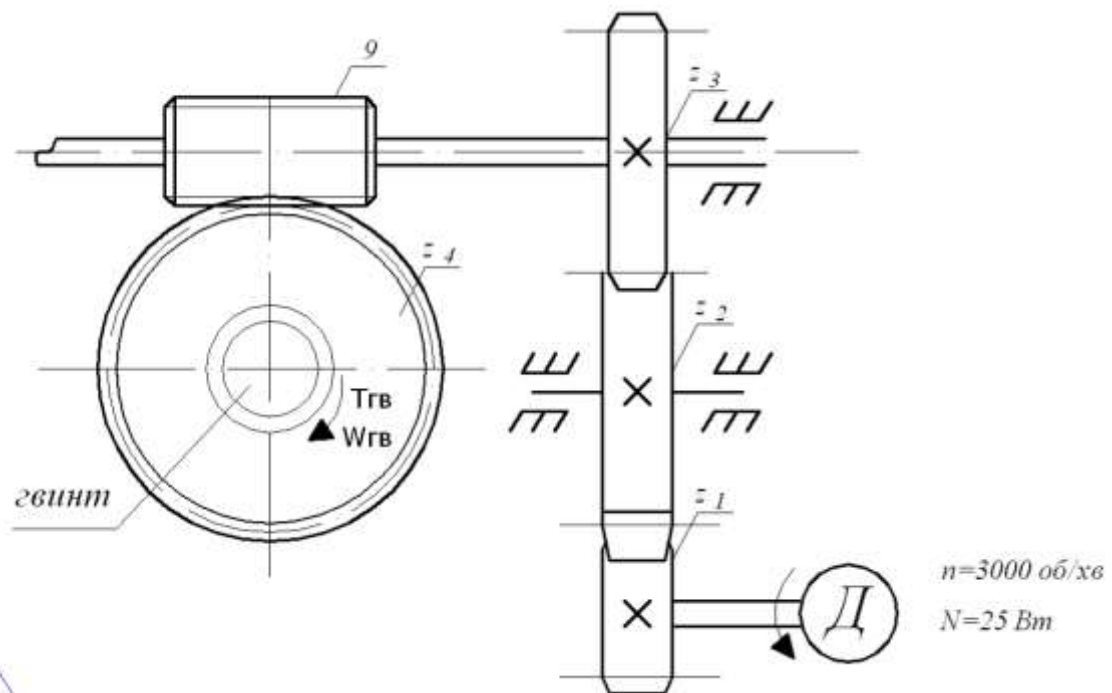


Рисунок 3.4 – Схема приводу налаштування доз

Привід базується на основі електродвигуна, редуктора з шестернями z_1 , z_2 , z_3 , черв'ячних z_4 , і передач q гвинт гайка.

Основою розрахунку є обертовий момент на гвинті $T_{кр} = 681.1 Н \cdot мм$.

Частота обертання суттєвого значення не має. Приймаємо $\omega_{зв} = 60 об / хв$.

Потужність на гвинті можна визначити за формулою (3.10) враховавши, що конструктивно маємо два гвинти, а тому враховуємо сумарний крутний момент,

$$P_{уд} = 2T_{кр} \cdot \omega_{зв} \quad (3.10).$$

$$P_{зв} = 2 \cdot 0.681 \cdot 60 \cdot \frac{\Pi}{30} = 8.55 Вт.$$

Потужність електродвигуна розраховуємо:

$$P_{дв} = \frac{P_{зв}}{\eta} \quad (3.11),$$

де η -к.к.д. передачі.

$$\eta = \eta_{ч.п.}^2 \cdot \eta_{зубц.}^3 \cdot \eta_{оп.коч.}^4 \quad (3.13),$$

де $\eta_{ч.п.} = 0.85$ – к.к.д. черв'ячної передачі;

$$\eta_{з.п.} = 0.95 \text{ – к.к.д. зубчастої передачі;}$$

$$\eta_{оп.коч.} = 0.99 \text{ – к.к.д. опір кочення.}$$

За формулою (3.13) отримаємо загальний к.к.д. передач:

$$\eta = 0.85^2 \cdot (0.95)^3 \cdot 0.99^4 = 0.583.$$

$$P_{дв} = \frac{8.55}{0.583} = 14.6 Вт.$$

Отже, вибираємо електродвигун марки БК-1633, що має потужність $P_{дв} = 25 Вт$ і $\omega_{дв} = 3000 об / хв$.

Передавальні відношення:

$$i = \frac{n_{дв}}{n_{зв}} = \frac{3000}{60} = 50.$$

Розбиваємо загальне відношення:

$$i_{ч.п.} = 10, i_p = 5.$$

3.5.4 Розрахунок рейкової передачі

Основою для розрахунку є момент на муфті електромагнітній.

$$T_{el} = T_{зв} = 18.4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Задане переміщення рейки, для повного відкриття заслінки визначаємо конструктивно: $l = 65 \text{ мм}$.

Дільний діаметр шестерні визначаємо з умови міцності зубців [3].

$$d_u = K_1^3 \cdot \sqrt{\frac{T_{зв} \cdot 1.4}{\frac{1}{\Psi_{ба}} + 0.15}} \quad (3.14),$$

$\Psi_{ба} = 0.2$ – коефіцієнт ширини вінця зубчастого.

$$K_1 = \frac{780}{[\sigma_n]^{\frac{2}{3}}} \quad (3.15),$$

$[\sigma_n] = 550 \text{ МПа}$ – допустиме напруження контакту.

$$d_u = \frac{780}{(550)^{\frac{2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{18.4 \cdot 10^3 \cdot 1.4}{\frac{1}{0.2} + 0.15}} = 87.6 \text{ мм}.$$

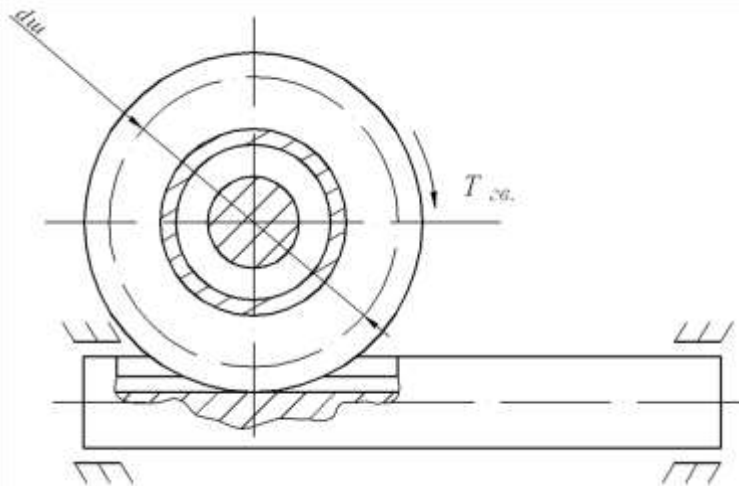


Рисунок 3.5 – Схема передачі рейкової

Для проектування приймаємо $d_u = 96 \text{ мм}$.

Кут повороту колеса зубчастого, для забезпечення переміщення $l = 65 \text{ мм}$.

$$d_u = \frac{360^\circ}{\pi d_u} \cdot l = \frac{360^\circ}{\pi \cdot 96} \cdot 65 = 77.6^\circ. \quad (3.16)$$

Визначаємо кількість зубців колеса і модуль.

Приймаємо $m=1$ згідно ДСТУ 10791:2016, тоді $z_m = \frac{d_u}{m} = 96$.

Діаметр кола вершин зубців: $d_a = d_u + 2m = 96 + 2 = 98 \text{ мм}$.

Діаметр кола западин: $d_f = d_u - 2.5m = 96 - 2.5 = 93.5 \text{ мм}$.

Товщина зуба колеса по дузі ділительного кола: $S = 0.5\Pi \cdot m = 1.57 \text{ мм}$.

Крок зубців колеса: $P_k = \Pi \cdot m = 3.14 \text{ мм}$.

Крок зубців рейки: $P_p = P_k = 3.14 \text{ мм}$.

Кількість зубців рейки:

$$z_p = \frac{L}{P_p} + 0.5 = \frac{80}{3.14} + 0.5 = 25.97.$$

Округливши, отримаємо $z_p = 26$.

Визначим довжину нарізної частини:

$$L = (z_p - 0.5) \cdot P_p = (26 - 0.5) \cdot 3.14 = 80 \text{ мм}.$$

Ширина рейки колеса: $b_2 = \Psi_{bd} \cdot d_u = 0.20 \cdot 96 = 19.2 \text{ мм}$.

Ширина колеса: $b_1 = b_2 - 0.6\sqrt{b_2} = 12.1 \text{ мм}$.

Висота зуба рейки: $h = 2.25 \cdot m = 2.25 \text{ мм}$.

Товщина зуба рейки за середньою прямою: $S_p = 0.5\Pi \cdot m = 1.57 \text{ мм}$.

3.5.5 Розрахунок параметрів гвинтової передачі

Передача перетворює обертовий рух у поступальний. Для розрахунку передачі визначимо зусилля, що діють на ланку, яка рухається поступально.

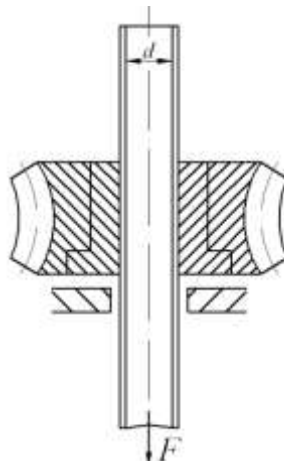


Рисунок 3.6 – Схема розрахунку гвинтової передачі

Допустиме зусилля на гвинті:

$$F_{ГВ} = (m_б + m_п + m_ш) \cdot g \cdot K_T \cdot K_{зап} \quad (3.17)$$

де $m_б = 10$ кг – маса бункера;

$m_п = 10$ кг – маса продукту;

$m_ш = 6$ кг – маса приводу шнека;

$K_T = 1.12$ – коефіцієнт, що враховує тертя в направляючих;

$K_{зап} = 1.15$ – коефіцієнт запасу, що враховує втрати на тертя в передачі іт.п.

$$F_{зв} = (10 + 10 + 6) \cdot 1.12 \cdot 1.15 \cdot 9.8 = 328.18Н.$$

Оскільки в приводі застосовано два гвинти, то зусилля розподіляються:

$$F = \frac{F_{ГВ}}{2} = 164.1Н.$$

Середній діаметр різі гвинта знаходимо за формулою:

$$d_{зв} \geq K_p \sqrt{\frac{F}{\gamma \cdot [P]}} \quad (3.18)$$

де $K_p = 0.8$ – коефіцієнт типу різі;

$\gamma = 1.2$ – коефіцієнт висоти гайки;

$[P] = 3$ – допустиме значення тиску між поверхнями різі.

$$d_{зв} \geq 0.8 \sqrt{\frac{164.1}{1.2 \cdot 3}} = 5.4мм.$$

Вибираємо гвинт з трапецеїдальною різью, діаметр якого становить 16 мм, що є більше ніж допустимий мінімальний.

Перевіримо гвинт на міцність. При обертанні він стискається та скручується.

За умовою міцності гвинта:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]_p \quad (3.19)$$

де $\sigma_{екв}$ – еквівалентне напруження в критичній точці гвинта, МПа;

$\sigma_c = \frac{4F}{\Pi d^2}$ – нормальне напруження на гвинті;

$$\sigma_c = \frac{4 \cdot 164.1}{\Pi \cdot 16^2} = 0.82МПа;$$

$\tau = \frac{T_{кр}}{W_p}$ – дотичне напруження на гвинті;

$T_{кр} = F_a \cdot \frac{d}{2} \operatorname{tg}(\Psi + I)$ – крутний момент в січенні гвинта;

$W_p = \frac{\Pi d^3}{16}$ – полярний момент опору скручуванню;

$\Psi = 22^\circ$ – кут підйому гвинтової лінії;

$I = 5^\circ$ – кут тертя.

Тому: $T_{кр} = 164.1 \cdot \frac{16}{2} \operatorname{tg}(22^\circ + 5^\circ) = 681,1 \text{ Н} \cdot \text{мм}$.

$$\tau = \frac{681}{\Pi \cdot \frac{16^3}{16}} = 0.84 \text{ МПа}.$$

Еквівалентним напруженням за допустимого напруження розтягу $[\sigma_p] = 120 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{екв} = \sqrt{0.82^2 + 3 \cdot 0.84^2} = 1.68 \text{ МПа}.$$

Отже, умова міцності забезпечується зі значним запасом.

Висота гайки визначається за формулою $H \geq \gamma \cdot d_H = 0.8 \cdot 20 = 16 \text{ мм}$.

d_H – діаметр зовнішньої різі гвинта.

Число витків різі гайки: $z = \frac{H}{P} = \frac{16}{2} = 8$; де P- крок різі.

Витки різі перевіримо на згин:

$$\sigma_{зг} = K_H \cdot \frac{F}{d_H H} \leq [\sigma_H] \quad (3.20).$$

$K_H = 1.3$ – для трапецеїдальної різі;

$[\sigma_H] = 25 \text{ МПа}$ – допустиме напруження згину.

$$\sigma_{зг} = 1.3 \cdot \frac{164.1}{20 \cdot 16} = 0.67 \leq 25 \text{ МПа}.$$

Умова міцності забезпечується.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

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

Монтаж, ремонт і обслуговування здійснюються у відповідності до вимог, зазначених у технічній документації та інструкцій з експлуатації. Технічна документація містить конкретні вказівки та рекомендації щодо всіх видів цих робіт. До монтажу, випробування та обслуговування автоматів допускаються робітники, які пройшли інструктаж з обслуговування і техніки безпеки.

Залежно від конструкції машини, її монтажу передуює підготовка площадки фундаментної, яка повинна бути горизонтальною та обладнаною пристроєм для стікання води під час миття машини. У випадках, коли спеціальний фундамент не потрібен, машину встановлюють безпосередньо на підлогу приміщення. Розміри площадки, висота приміщення повинні відповідати чітким вимогам.

Площадка під автомат повинна містити:

- підключення до електромережі напругою 220 В;
- підключення до цехового контуру заземлення;
- підключення до цехової магістралі чистого стисненого повітря;
- підключення вакуум-проводу від ексгаустера.

Машина транспортується до місця монтажу в запакованому вигляді транспортними засобами. Під час завантаження і монтажу машини переміщують відповідно до схем стропування. Перед монтажем машину розпаковують, промивають гарячою водою або миючими засобами і висушують. Оброблені поверхні деталей, покриті на заводі-виробнику захисною змазкою, можна промити бензином, ретельно протерти і змазати машинним маслом, видалити сліди корозії. Поверхні, що контактують з продуктом, ретельно промивають содовим розчином і гарячою водою.

Монтаж машини починається з її встановлення на підготовлене місце відповідно до габаритного креслення. Верхня плита станини фасувальної машини повинна бути виставлена горизонтально за допомогою регульованих ніжок. Горизонтальність установки перевіряється по поверхні столу, і машину вирівнюють з іншими машинами лінії. В кінці перевіряють горизонтальність робочого столу в усіх напрямках.

Наступний етап монтажу – встановлення механізмів, знятих під час пакування (наприклад, направляючих, труб для подачі продукту тощо). Цехова система подачі продукту повинна забезпечувати постійний напір, але для більшої стабільності рекомендується використовувати додаткову ємність з регулятором рівня.

Під час переміщення і монтажу машини необхідно стежити, щоб не було порушено налаштування механізмів, виконане на заводі-виробнику. Після цього підключають електроживлення і заземлення відповідно до ПУЕ, технічної документації та правил електробезпеки. Підключають електродвигуни приводу машини, ексгаустера і бункера до електросистеми шини відповідно до схеми з'єднання. Також підключають машину до цехової магістралі стисненого повітря та продуктопроводу.

Машину змазують відповідно до схем змазування. Обертанням вручну шківів на електродвигуні привода перевіряють роботу механізмів, переконуються в їх нормальній роботі та відсутності заїдань. Перевіряють правильність підключення електродвигуна шляхом його короткого включення. Включати його можна тільки після висихання ізоляції, що досягається витримкою машини в приміщенні протягом доби в суху пору року і трьох діб – у вологу.

Підготовка машини до роботи починається з зовнішнього огляду і перевірки наявності змазки. Зазвичай використовують індустріальне масло. Розрахувавши продуктивність машини, налаштовують її на продуктивність лінії, перевіряють і налаштовують механізм регулювання продуктивності. Втручання оператора потрібне лише при відхиленнях від нормальної роботи.

Під час роботи машин необхідно видаляти сторонні предмети, скло, бій, що можна робити лише при зупинці машини.

Порядок миття машин визначений відповідними інструкціями. Забезпечення належного технічного стану обладнання при мінімальних втратах виробництва залежить від раціональної організації технічного обслуговування і ремонту. Важливу роль відіграє система планового технічного обслуговування і ремонту машин, введена на більшості підприємств харчової промисловості замість системи планово-попереджувального ремонту.

До типових робіт при технічному обслуговуванні і ремонті входять: огляд машини, перевірка справності огорожень, ущільнень дозаторів, роботи поплавкового пристрою, точності дозування. При обслуговуванні комунікацій перевіряють регулювання всіх фланцевих і муфтових з'єднань, справність арматури. Під час поточного ремонту трубопровід очищають і промивають, частково розбирають, зношені деталі замінюють.

Під час капітального ремонту виконуються всі операції середнього ремонту, а також заміна зношених частин труб, муфт, арматури. Для перевірки якості ремонту кожна машина піддається випробувальному запуску, під час якого регулюють роботу її частин і механізмів на холостому ході. Потім машину використовують, поступово збільшуючи навантаження, одночасно перевіряючи відповідність її фактичних характеристик нормам, зазначеним у паспорті, технічних умовах чи стандартах.

4.2 Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу

Розрахунок мінімальної кількості персоналу, для обслуговування автомату для пакування драже у полімерні пакети: 1 оператор, що обслуговує автомат, та знімає групове пакування; 1 слюсар - наладчик.

Отже, нам необхідно 2 працівники.

Таблиця 4.1. – Розподіл функцій обслуговування потокової лінії

Персонал	Функції обслуговування	
	Основні	Додаткові
Оператор	Технічна підготовка до пуску. Чищення автомату. Виконання неавтоматизованих операцій	Участь в налагоджуванні та регулюванні обладнання. Проведення вибіркового контролю.
Слюсар - наладчик	Технічна підготовка до пуску. Технічне обслуговування. Спостереження за працюючою	Участь в ремонті обладнання, контролі виробів, перевірці

4.3 Розрахунок геометричних параметрів бункера дозатора

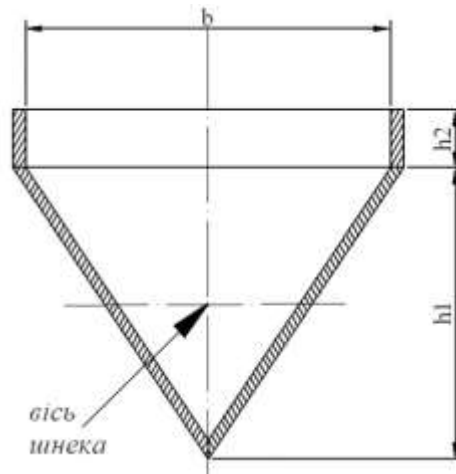


Рисунок 4.1 – Схема для розрахунку бункера

На основі заданих значень маси продукту і насипної ваги визначимо об'єм, що може займати продукт:

$$V_{кр} = \frac{M}{S}, \quad (4.1)$$

де $M=10$ кг – вага продукту;

$$\rho = 570 \text{ г/дм}^3 = 570 \cdot \frac{0.001 \text{ кг}}{10^6 \text{ мм}^3} - \text{насипна маса продукту;}$$

За формулою (4.1) визначимо об'єм:

$$V_{кр} = \frac{10 \cdot 10^6}{570 \cdot 0.001} = 14.5438 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Визначаємо геометричні параметри бункера дозатора і перевіримо його місткість.

На рис.4.1 вказана схема розрахунку бункера дозатора, що має форму конуса, однак у нижній частині бункера розташований шнек, тому реальна форма дна бункера буде відповідати діаметру шнека.

Попередньо приймаємо розміри для бункера:

$$b = 280 \text{ мм}, \quad h_1 = 180 \text{ мм}, \quad h_2 = 60 \text{ мм}.$$

За об'ємом продукту розрахуємо довжину бункера l .

Розрахункова площа січення бункера:

$$S = b \cdot h_2 + \frac{1}{2} b \cdot h_1 = 280 \cdot 60 + \frac{1}{2} \cdot 280 \cdot 180 = 42000 \text{ мм}^2.$$

Довжина бункера:

$$l \geq \frac{V_{np}}{S} = \frac{14.5438 \cdot 10^6}{42000} = 346 \text{ мм}.$$

Однак, врахувавши об'єм чаш дозатора кінцева довжина бункера $l = 120$ мм.

4.4 Розрахунок періодичності поповнення запасу матеріалу

Для пакування драже застосовують полімерну плівку.

Розрахуємо періодичність зміни рулонів плівки. Спочатку визначаємо довжину плівки в рулоні за формулою:

$$L = 2\pi \cdot R_m \cdot n,$$

де n - кількість шарів плівки рулону;

R_m - середній радіус рулону.

Середній радіус рулону визначається за формулою:

$$R_m = \frac{R + r}{2},$$

де R , r – зовнішній радіус рулону та радіус гільзи.

$$R_m = \frac{R + r}{2} = \frac{300 + 50}{2} = 125 \text{ мм}.$$

Число шарів рулону визначається, з виразу :

$$n = \frac{R - r}{h} = \frac{300 - 50}{0.025} = 10000.$$

де h – товщина плівки, $h=25$ мкм.

Тоді довжина плівки в рулоні

$$L = 2\pi \cdot R_m \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 125 \cdot 10000 = 7850000 \text{ мм} \cong 7850 \text{ м.}$$

Швидкість використання плівки визначається, як:

$$v = Q_{\text{в}} \cdot l,$$

де $Q_{\text{в}}$ – продуктивність автомату;

l – довжина плівки для виготовлення одиниці продукції.

При продуктивності автомату 120 пакетів/хв, та одночасного пакування 4-х пакетів з одного рулону отримаємо 7200 пачок /год з 2 рулонів, а довжина плівки, для 1 пачки становить 170 мм, тому швидкість використання рулону буде :

$$v = Q_{\text{ц}} \cdot l = \frac{3600}{4} \cdot 0,17 = 153 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

Тому час використання 1 рулону становитиме:

$$T_{\text{зам}} = \frac{L}{v} = \frac{7850}{153} = 51,3 \text{ год.}$$

Отже, заміну нового рулону полімерної плівки необхідно кожні 51.3 години роботи автомату або 1 раз на 6.4 зміни.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз виробництва

Вимоги до промислових будівель і приміщень визначаються СН 245-21 та ОНТП 24-86, враховуючи небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також розміри обладнання.

Площа виробничого приміщення повинна бути 4,5 м² на одного працівника, а об'єм – 15 м³ на одного працівника. Для дільниць пакування відстань між обладнанням і будівельними елементами регламентується ОНТП 04-83.

Розміри проходів для безпечного виконання операцій мають бути такими:

- проходи для робітників – 1,5 м;
- транспортні проїзди за одностороннього руху електро- і автотранспорту – 2,5 м.

Відстань від краю проїзду:

- до елементів будівлі – 0,3 м;
- до обладнання – 0,4-0,5 м.

Для експедиції готових ящиків з пакетами на дільниці необхідно передбачити приміщення або площадку з підйомно-транспортними засобами.

Природне і штучне освітлення дільниці має відповідати нормам СН і П П-4-79.

Санітарно-побутові приміщення має відповідати СН і П 2.09.04-87.

Санітарно – гігієнічна характеристика умов праці на дільниці.

1) Мікроклімат.

При виборі мікроклімату на дільниці необхідно визначити категорії робіт оператора. Плануємо роботу оператора як середньої важкості (категорія П – б). До її відносять роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходьбою і перенесенням невеликих (до 10 кг) вантажів та помірними фізичними навантаженнями. Витрати енергії становить 232 – 293 Дж/с, тобто 200 – 250

ккал/год. ГОСТ 12.1.005-88 встановлює оптимальні і допустимі температури, відносну вологість і швидкість руху повітря.

Таблиця 5.1 – Температура на робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях, але не більша	Оптимальна	Допустима на робочих місцях, але не більша
			Верхня межа границі							
			постійна	не постійна	-П-	-П-				
Холодний	Середньої важкості	18-20	23	24	17	15	40 - 60	75	0.2	0.3
Теплий	Середньої важкості	21-23	27	29	18	17	40 - 60	65 (при $t^{\circ} = 26^{\circ} \text{C}$)	0.3	0.2 – 0.4

Система опалення, тип і параметри теплових вузлів, а також види нагрівальних приладів враховують теплову інерцію огорожувальних конструкцій і відповідають характеру та призначенню будівлі згідно з СН і П 2.04.05-84. У системах повітряного опалення для приміщень виробничої категорії Г використовуються гаряча вода і пара з температурою до 150°C, а як нагрівальні елементи – радіатори, ребристі труби та конвектори.

Рівні освітленості. Згідно з СНіП П-4-79, який регулює природне і штучне освітлення, зорову роботу оператора відносять до V розряду (робота малої точності з об'єктами від 1 до 5 мм). Підрозряд зорової роботи оператора – В (середній контакт об'єкта з фоном, характеристика – середня).

Таблиця 5.2 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Вид діяльності	Октавні смуги з середньо геометричними частотами, Гц					
	2	4	8	16	31.5	63
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{0.45}{99}$	$\frac{0.22}{93}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$

у чисельнику – середньоквадратичне значення вібрації $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$;

у знаменнику – логарифм рівня вібрації ДБ.

Рівні шуму і вібрації. Під час роботи установки електродвигун автомата та його робочі вузли створюють механічні шуми. За характером спектра шум на ділянці можна віднести до широкосмугового (ширше однієї октави); за часовою характеристикою шум є постійним, тобто рівень звуку протягом восьмигодинного робочого дня змінюється не більше ніж на 5 дБА.

Працюючий двигун створює вібрації з частотою обертання ротора. При номінальній частоті 1400 об/хв, або 23.3 Гц. допустимі значення параметрів вібрації:

- амплітуда (пікове значення) – 0.02 м;
- середньоквадратичне значення коливання швидкості 2 мм/с, або 92 ДБ.

Таблиця 5.3 – Оптимальні рівні звуку на робочих місцях

Категорія напруженості	Категорія важкості	Оптимальний рівень звуку дБА
В міру напружене II	Середньої важкості	70

5.2 Заходи для приведення шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Небезпечними зонами пакувального автомата є зона нагріву, а також передачі приводів. Зони закривають металевою сіткою або огорожею з оргскла, щоб можна було спостерігати за роботою автомата.

Джерелом небезпеки ураження струмом в пакувальному автоматі є електродвигун і блок керування. У разі замикання фази на корпус виникає ризик ураження електрострумом при торканні оператора до корпусу. У разі стікання струму з корпусу в землю виникає небезпека ураження кроковою напругою. Для запобігання таким випадкам пакувальний автомат потрібно заземлити.

Перед початком роботи оператор повинен підготувати робоче місце для безпечної роботи, а також перевірити справність інструментів (несправними інструментами працювати не дозволяється). Під час роботи перед перевіркою преса або заміною будь-яких деталей необхідно вимкнути електродвигун і вжити заходів, щоб він не був випадково увімкнений. Потрібно вивісити напис «Автомат в налазці» і встановити упор під повзун. Після наладки необхідно

перевірити, чи не залишилися на частинах автомата інструменти, болти, ключі або інші предмети. Необхідно перевірити правильність установки стрічки на холостому ході. Після наладки поставити всі огорожі на місце і перевірити їх справність.

5.3 Заходи для охорони навколишнього середовища

У автоматі дозування матеріалу і подача стрічки здійснюються автоматично, що дозволяє виключити присутність оператора в зоні підвищеної небезпеки. Завантаження матеріалу виконується вручну, оскільки ця операція є нескладною і автоматизація її недоцільна.

Готові пакети потрапляють у ящик, де їх складають і потім відставляють убік. З заготівельного цеху ящики транспортуються за допомогою візка. В межах ділянки транспортні роботи виконуються вручну.

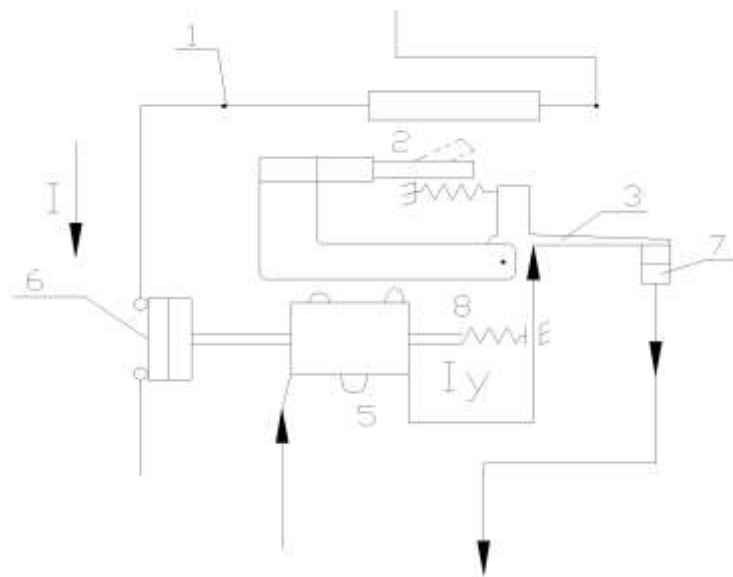


Рисунок 5.1 – Конструктивна схема теплового реле

Використання захисних відключень. Для захисту двигуна від перевантажень в автоматі використовується теплове реле 1Т, яке відключає подачу живлення при перегріві чутливого елемента.

Коли через нагрівальний елемент 1 проходить струм I , він нагріває біметалеву пластину 2, кінець якої впирається в поворотний важіль 3. Струм, що протікає через котушку 5 ланцюга управління, долає зусилля пружини 8 і замикає головні робочі контакти 6. При збільшенні струму I нагрівальний

елемент 1 нагріває пластину 2, яка відхиляється від горизонтального положення. Це змушує важіль 3 повертатися проти годинникової стрілки і розмикати контакти 7 в ланцюгу управління. Струм не подається на електромагніт 5, і під дією пружини 8 розмикається ланцюг 1.

5.4 Розрахункова частина

Розрахунок загальної вентиляції на ділянці проведемо за принципом тепловиділення.

$$L = \frac{Q_{\text{надл.}}}{0.278 \cdot CS(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})},$$

де L – об'єм повітря (м³/год) яке необхідно подати до приміщення для поглинання надлишкової теплоти.

$$C = 1.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{н}}; \rho = 1.23 \text{кг} / \text{м}^3.$$

$$t_{\text{вн}} = 18^\circ \text{C};$$

$$t_{\text{зовн.}} = 5^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{надл}} = \sum Q.$$

де Q_i – теплота, яку виділяє обладнання, електричні двигуни, люди.

На ділянці пакування є 6 різних автоматів.

$$Q_{\text{зв.}} = 10^3 N_{\text{вет}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{о}} (1 - \eta_{\text{д}} + K_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{д}}) = 10^3 \cdot 1.5 \cdot 0.8 \cdot 0.6 \cdot 0.8 (1 - 0.8 + 0.5 \cdot 0.8) = 391.7 \text{Вт/год.}$$

$$\sum Q_{\text{дв}} = 8 \cdot Q_{\text{дв}} = 8 \cdot 391.7 = 3133 \text{Вт/год.}$$

$$Q_{\text{люд.}} = g_{\text{н}} \cdot n_{\text{люд.}} = 104 \cdot 8 = 832 \text{Вт/год.}$$

де, $Q_{\text{люд}}$ – теплота, що виділяється усіма людьми під час тривалої роботи.

$$Q_{\text{Т.А.}} = Q_{\text{зах}} \cdot 0.05;$$

$Q_{\text{Т.А.}}$ – теплота виділена трубами і арматурою.

$$Q_{\text{Т.А.}} = (\sum Q_{\text{дв}} + Q_{\text{люд}}) \cdot 0.05 = (832 + 3133) \cdot 0.05 = 198 \text{Вт/год.}$$

Тоді для холодного періоду часу:

$$Q_{\text{надл}}^{x.l} = (Q_{\text{люд.}} + \sum Q_{\text{дв}} + Q_{\text{Т.А.}}) - Q_m \frac{t_{\text{вн}} - (-4.3^\circ)}{t_{\text{вн}} - (-18^\circ)}$$

де Q_m – теплота що втрачається через стінки, покриття, вікна.

$$Q_m = 297 \cdot 16 + 80 \cdot 150 \approx 16752 \text{Вт/год.}$$

$$\text{Отже, } Q_{\text{надл}}^{x.n.} = (3133 + 832 + 198) - 16752 \frac{25}{39} = 4163 - 8801 < 0.$$

Отже необхідності встановлювати нагнітальну вентиляційну систему відсутня. На ділянці немає досить шкідливих випарів, інших виділень у повітря, тому цілком достатньо буде природної вентиляції.

5.5 Пожежна безпека

1. Характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

По СНіП 2. 01. 02.-85 в залежності від технологічного процесу проводиться класифікація виробництва за ступенем пожежної безпеки. Існує 5 категорій виробництва: А, Б, В, Г, Д.

Таблиця 5.4 – Характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки

Категорія будівель	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівель	План поверху в межах будівлі	
			Одноповерховий	Багатоповерховий
Д	10	II	Необмежено	

Наше виробництво відноситься до категорії Д

2. Ступінь вогнестійкості будівель і споруд.

СНіП 2. 01. 02 – 89.

Таблиця 5.5 – Ступінь вогнестійкості будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будівель	Площа вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальна межа розповсюдження вогню.									
	Стіни					Колони	Сходові клітки	Плити постілу	Еластичне покриття	
	Несучі стіни і сходові клітки	Само несучі стіни	Зовнішні несучі сходові клітки	Внутрішні несучі перегородки	Плити утеплені				Блоки	
II	2/0	1/0	0.25/0	0.25/0	2/0	1/0	0.25/0	0.25/0	0.25/0	

Примітка:

у чисельнику зазначено границі вогнестійкості будівельних конструкцій;

у знаменнику- границі розповсюдження вогню у них.

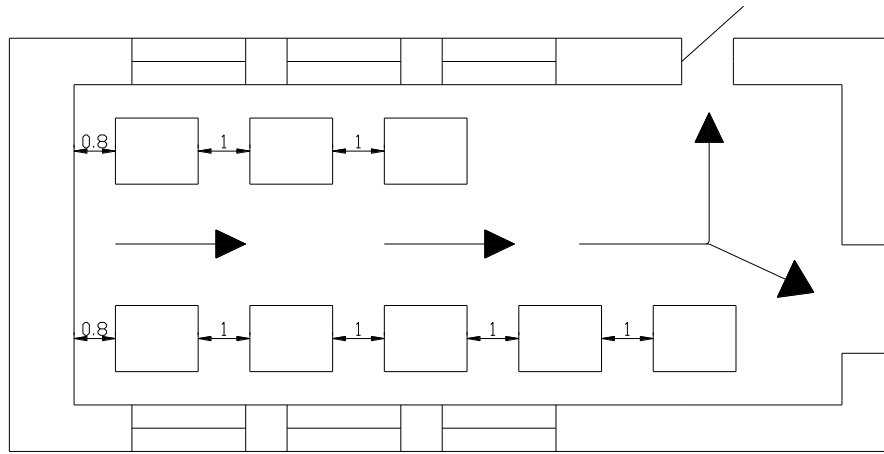


Рисунок 5.2 – Шляхи евакуації людей

Відповідно до СНіП 2-2-85 евакуаційні шляхи мають забезпечувати безперешкодну евакуацію людей протягом достатнього часу.

Залежно від категорійності пожежної безпеки для будівель встановлені допустимі відстані від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії Д - степінь вогнестійкості II найбільш допустима відстані до виходів не обмежуються. Двері мають відчинятися за напрямком виходу з будівлі.

Вибір засобів пожежогасіння.

На пакувальній ділянці передбачено:

1 вогнегасник ОХП 10 і ОУ – 08

Біля кожного входу на ділянці передбачено пожежний щит і та ящик з піском. У відповідності до нових нормам на 1800 м² виробничої площі має бути не менше як 2 вогнегасники ОХП 10 і 2-П -5.

РОЗДІЛ 6

СПЕЦЧАСТИНА (визначення функціональної точності дозування продукту)

Дослідження та аналіз точності процесу фасування дрібно шматкового продукту.

Маса дози 250 ± 5 г.

1. Відбираємо не менше 50 зразків, та розміщуємо у порядку зростання маси пакетів продукту:

240,5г 245г 249г 252г ... 252,5 г

2. $\Delta p = 252,5 - 240,5 = 12$

3. Середнє арифметичне значення ваги пакутику з дрібно шматковим продуктом:

$$\bar{x} = \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} x_i = 246,02$$

4. Середнє квадратичне:

$$s = \sqrt{\frac{1}{50} (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_{50} - \bar{x})^2} = 0,25$$

5. Ранжування поля розсіювання на рівномірні інтервали

$$k = 1 + 1,015 \log N_{50} = 6$$

6. Ширина кожного інтервалу визначаємо як:

$$\Delta = \frac{\Delta p}{k} = \frac{12}{6} = 2$$

Таблиця 6.1 – Розподіл точності технологічного процесу фасування

Номер інтервалу	1	2	3	4	5	6
Границя інтервалу	240,5	242,5	244,5	246,5	248,5	249,5
Середина інтервалу	242,5	244,5	246,5	248,5	249,5	252,5
Число стаканчиків	1	3	14	20	8	2

Знайдемо p - ймовірність попадання пакетів в інтервали

Таблиця 6.1 – Ймовірність отримання дози продукту із заданою вагою

N	1	2	3	4	5*	6
P	0,02	0,06	0,28	0,40	0,16	0,04

$$T_n = \frac{\delta}{\Delta p} = \frac{10}{12} 0.833$$

Коефіцієнт точності технологічної операції дозування дрібно шматкового продукту

$$K_1 = \frac{\Delta p}{T_n} = \frac{12}{0.833} = 14.4$$

Коефіцієнт похибки налагодження фасувального автомату для пакування дрібно шматкового продукту, а саме дрібного драже:

$$E = \frac{\delta - 6S}{2\delta} = \frac{10 - 6 \cdot 0.25}{20} = 0.425$$

Визначаємо гранично допустиму похибку налагодження обладнання:

$$E_{\text{дон}} = \frac{250 - 246}{10} = 0.4$$

Так, як $E < E_{\text{дон}}$, а $T_n < 1$ то робимо висновок, що дозування здійснюється в межах норми, та з допустимим відхиленням, і бракована продукція є відсутня.

ВИСНОВОК

У магістерській атестаційній роботі на тему: «Модернізація автомату для дозування і пакування сипких продуктів у полімерні пакети з детальною розробкою дозатора» виконано наступне:

Технічна частина: Здійснено класичний аналіз вихідних даних, обрано тип споживчої полімерної тари та транспортного картонного ящика для драже. На базі проведеного аналізу визначено завдання атестаційної роботи.

Технологічна частина: Детально описані всі етапи технологічного процесу, наведені необхідні схеми. За схемою технологічного процесу складено таблицю основних та допоміжних операцій пакування, що здійснюють основні функціональні вузли автомата.

Конструкторська частина: Проведено розрахунок продуктивності автомата, наведено опис кінематичної схеми з детальними її розрахунками. Описано та розраховано конструкцію основних вузлів дозатора та його приводу, представлено їх зображення розрахункових схем.

Експлуатаційна частина: Описано монтаж, ремонт і умови експлуатації машини, розраховано кількість обслуговуючого персоналу та матеріальні потоки, наведено розрахунок періодичності поповнення запасів плівки.

Розділ охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях: Розглянуто питання техніки безпеки, пожежної безпеки, охорони навколишнього середовища, визначено небезпечні фактори.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 123 с.
2. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 1. Верстативавтомати : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 91 с.
3. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. /Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Лящук – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 344 с.
4. Гідропневмоприводи та пристрої автоматики: Навчальний посібник / А. В. Люта, Є. Ф. Чекулаєв. – 2-е видання (перероблене). – Краматорськ: ДДМА, 2020. – 172 с
5. Abduganiyeva Yulduzoy Shakhabidinovna. (2022). AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES. European Journal of Humanities and Educational Advancements, 3(12), 130-131. Retrieved from <https://scholarzest.com/index.php/ejhea/article/view/3077>.
6. Davim J. P., Markopoulos A. P., Markopoulos A. Advanced Machining Processes: Innovative Modeling Techniques. Taylor & Francis Group, 2017. 327 с..
7. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations and CNC design (2nd ed.) Cambridge. 2012. 382 р..
8. Сирохман І.В. Товарознавство продовольчих товарів: підручник / І.В. Сирохман, І.М. Задорожній, П.Х. Пономарьов. - 4-е вид., переробл. і допов. К.: Лібра, 2017. 660 с.
9. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
10. Бровко О. Г. Товарознавство. Продовольчі товари: навчальний посібник. – К.: Кондор, 2010. – 730 с

ДОДАТКИ