

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробних і харчових
виробництв»

_____ Цвіркун Л.О.
«___» _____ 2026 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробних і харчових виробництв»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ДОЗУВАЛЬНОЇ МАШИНИ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти _____ **Ярошенко Артем Елемирович** _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

_____ **доцент, к.пед.н., Цвіркун Л.О.** _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти заочна
Ступінь бакалавр
Галузь знань Механічна інженерія
Освітня програма Обладнання переробних і харчових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Гарант освітньої програми «Обладнання
переробних і харчових виробництв»
Цвіркун Л.О.
« » 2026 року

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

Ярошенко Артему Елемировичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення об'ємної дозувальної машини
для виробництва кондитерських виробів»

Керівник роботи к.пед.н., Цвіркун Л.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом ректора Криворізького національного університету від
«28» січня 2026 р. № 22-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи « 15 » травня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.
2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.
3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.
2. Аналіз обладнання для дозування та пакування сипкої сировини.
3. Підсистеми дозувально-пакувального обладнання для дрібних шоколадних цукерок.
4. Аналіз результатів досліджень.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

Обладнання для дозування та пакування сипкої сировини.

Оптимізація дозувально-пакувального обладнання.

6. Дата видачі завдання «30» січня 2026 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2026-15.02.2026
2	Аналіз обладнання для дозування та пакування сипкої сировини	16.02.2026-08.03.2026
3	Підсистеми дозувально-пакувального обладнання для дрібних шоколадних цукерок	09.03.2026-05.04.2026
4	Аналіз результатів досліджень	06.04.2026-26.04.2026
5	Висновки по роботі	27.05.2026-10.05.2026
6	Оформлення роботи і подання до захисту	11.05.2026-15.05.2026

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Ярошенко А.Е.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 51 сторінка, в тому числі основного тексту – 47 сторінки. Робота містить 8 рисунків, 9 таблиць. Список використаних джерел складається з 27 найменувань.

Об'єкт роботи – об'ємний дозатор.

Предмет роботи – процес дозування та пакування дрібних шоколадних цукерок.

Мета роботи – удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів.

У роботі зазначено, що на сьогодні обладнання, яке дозволяє покращити виробничі процеси є життєво важливим в харчовій промисловості. Саме тому дозуючі машини для харчової сировини, що призначені для розподілу продукту та наповнення упаковок у точних кількостях мають надзвичайне значення.

Дозувальні системи – це обладнання, яке використовуються для зважування та вимірювання кількостей продукту та є невід'ємною частиною виробничої лінії, функцією якого є швидке забезпечення або подача необхідної кількості сировини для здійснення необхідного процесу.

Дозувальна машина буде встановлена зверху вертикальної машини для пакування, адаптивність дозволить інтегрувати систему в виробничу лінію. Для системи дозування запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму. При обертанні диску може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

Для системи формування пакетів для наповнення запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Для системи пакування вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

- оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;

- інфрачервоний датчик для виявленні наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний;

- за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дозування, пакування, формування, герметизація, ущільнення, шоколадні цукерки.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ СИПКОЇ СИРОВИНИ	7
1.1 Класифікація дозувального обладнання	7
1.2 Системи керування дозуванням	15
1.3 Класифікація пакувального обладнання	19
РОЗДІЛ 2. ПІДСИСТЕМИ ДОЗУВАЛЬНО-ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДРІБНИХ ШОКОЛАДНИХ ЦУКЕРОК	23
2.1 Система зберігання та дозування	23
2.2 Система формування та пакування	31
2.3 Система контролю	34
2.4 Електромеханічна система	38
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
3.1 Оптимізація дозувально-пакувального обладнання	42
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47
ДОДАТКИ	49

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ярошенко</i>			Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					<i>Аркушів</i>
							5
							1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>					

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що на сьогодні обладнання, яке дозволяє покращити виробничі процеси є життєво важливим в харчовій промисловості. Саме тому дозуючі машини для харчової сировини, що призначені для розподілу продукту та наповнення упаковок або пакетів у точних кількостях мають надзвичайне значення. Також характеристики продукту, що потрібно дозувати у багатьох випадках визначають тип дозатора, який потрібно використовувати, залежно від ступеня точності вимірювання, умов навколишнього середовища та процесу дозування.

Мета та задачі дослідження. Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів.

Практична та наукова новизна. Дозувальні системи – це обладнання, яке використовуються для зважування та вимірювання кількостей продукту та є невід'ємною частиною виробничої лінії, функцією якого є швидке забезпечення або подача необхідної кількості сировини для здійснення необхідного процесу.

Дозувальна машина буде встановлена зверху вертикальної машини для пакування, адаптивність дозволить інтегрувати систему в виробничу лінію. Для системи дозування запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму. При обертанні диску може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

Для системи формування пакетів для наповнення запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Для системи пакування вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

– оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;

– інфрачервоний датчик для виявленні наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний;

– за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.		Ярошенко										
Перевір.		Цвіркун								6	1	
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО				
Н. Контр.		Омельченко										
Затверд.		Цвіркун										

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ

СИПКОЇ СИРОВИНИ

1.1 Класифікація дозувального обладнання

Дозувальні системи – це системи, що використовуються для зважування та вимірювання кількостей матеріалу або продукту, щоб мати змогу оптимізувати виробництво та якість продукту, призначені для обробки готової продукції або сировини. Обладнання, яке зазвичай використовується на виробничих лініях і функціонує для безперервного постачання точної кількості матеріалів, необхідних для виготовлення продукту, що дозволяє оптимізувати ресурси [1-5]. Дозатор – обладнання, яке є невід’ємною частиною виробничої лінії, функцією якого є швидке забезпечення або подача необхідної кількості сировини або ресурсу для здійснення необхідного процесу. Також його визначають як механізм для постачання точних кількостей твердих речовин або матеріалів, покращуючи процеси та оптимізуючи ресурси. Пристрій, який автоматично постачає точну пропорцію сировини, таким чином оптимізуючи та раціоналізуючи ресурси, забезпечує клієнтів і виробників точними кількостями доставленої продукції та скорочує час виробництва.

Характеристики продукту, що дозується, у багатьох випадках визначають тип дозатора, який потрібно використовувати, залежно також від необхідного ступеня точності вимірювання, умов навколишнього середовища та процесу дозування. Найважливішим є не обсяг для дозування, а маса продукту. Щодо процесу дозування, можна розрізняти принцип дозування на об’ємний та гравіметричний. Існують різні типи дозаторів, серед яких: шнековий, поршневий, гравітаційний, дозатор за допомогою багатоголовкових ваг, дозатор з вібраційними каналами. Дозатори, оснащені багатоголовковими вагами, мають більшу точність і швидкість при дозуванні однорідних та неоднорідних твердих речовин [4-6]. Використовуються для дозування твердих продуктів, серед них: снеки, цукерки, желейні цукерки. Дозатори в промисловості використовуються для точного та автоматичного подавання продукту, залежно від продукту, який потрібно упакувати, слід обирати між різними типами дозаторів. Багатоголовий ваговий дозатор складається з кількох резервуарів, куди поміщається продукт для пакування і має всередині вагові комірки. У цього типу дозаторів кожен контейнер має вагу меншу, ніж у упаковці, тому здійснюється комбінація різних ваг, які містить кожен резервуар, до досягнення очікуваної ваги.

Основна робота дозатора базується на контролі концентрації доданого продукту, щоб забезпечити однорідну суміш у результаті операції. остаточний. Дозування фасованих твердих речовин слід розглядати залежно від категорії

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів			Лім.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Ярошенко									
Перевір.		Цвіркун								7	16
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Н. Контр.		Омельченко									
Затверд.		Цвіркун									

твердого матеріалу та стійкості до окислення, оскільки це можуть бути важливі параметри для вибору типу механізму, що використовуватиметься. Зазвичай використання дозатора полягає в регулюванні подачі речовин на різних етапах процесу. В основному складається з бункера, системи дозування, сопел і, за потреби, приводиться в дію пневматично або електропневматично. Існують різні моделі дозаторів, але згадані базові компоненти присутні в кожному з них.

Бункер – це пристрій, який призначений для зберігання та спрямування матеріалів, використовується для зберігання та вивантаження гранульованих матеріалів. Бункер відомий як пристрій, що виглядає як великий воронкоподібний елемент, який використовується для відкладання та перенаправлення сипких або порошкоподібних матеріалів [1, 4, 5]. Іноді він встановлюється на шасі, що дозволяє його транспортування, і контейнер використовується для того, щоб вміст поступово переходив в інше місце або посудину з більшим отвором. Зазвичай має форму переверненої піраміди або конуса з ширшою верхньою частиною, вузьким і відкритим дном. Він контролює тверді, порошкоподібні або рідкі матеріали та надає їм різні форми: буває різних розмірів, а його моделі виготовляються з нержавіючої сталі.

Основною характеристикою масового потоку є те, що під час розвантаження весь матеріал перебуває в русі і ковзає по стінках резервуара, таким чином зменшуючи наявність мертвих зон. Цей тип потоку має багато переваг, включаючи усунення забруднень, зменшення ефектів розділення за розмірами, відновлення матеріалів, рівномірність та контроль потоку і використання повної ємності сховища. Бункери масового потоку класифікуються за їх формою і є конічний, бункер у формі клина, пірамідальний бункер, перехідний бункер та бункер у формі долота.

Система дозування – механізм, який має найбільше значення в дозувальній машині. Тут проєктувальник вирішуватиме, який метод роботи виконуватиме дозатор – об’ємний або гравітаційний, що залежатиме від особливостей продукту та точності, необхідної для дозування. Автоматична дозуюча система наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Автоматична дозуюча система



Рисунок 1.2 – Об’ємна дозувальна система

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Об'ємне дозування – це системи, які не вимірюють масу, а працюють на основі об'єму, саме з цієї причини їх слід калібрувати перед кожним використанням. Крім того, дозатори не здатні автоматично компенсувати зміну щільності матеріалів або інгредієнтів, тому рекомендується для сипкої сировини. Принцип роботи базується на заповненні резервуара фіксованого об'єму та вивантаженні цього вмісту стільки разів, скільки необхідно для досягнення обсягу, що підлягає дозуванню [4, 5]. Відношення між питомою вагою та переміщеним об'ємом забезпечує виміряні кубічні сантиметри. Об'ємне дозування – це метод при якому використовуються форми для вимірювання кількості продукту на одиницю упаковки, наприклад, дозатор телескопічних стаканів використовує обертовий диск з кількома циліндрами для випуску постійного об'єму продукту (рис. 1.2).

Основною функцією об'ємних дозаторів є контроль потоку матеріалу шляхом видачі постійного об'єму. Видача матеріалу здійснюється залежно від об'єму, а отже, і від кількостей. Дозатори не вимірюють масу, тому необхідно визначити, яку кількість матеріалу має видавати машина за визначений часовий цикл. Об'ємні дозатори не можуть автоматично компенсувати зміни властивостей матеріалу через коливання, що спостерігаються в об'ємній щільності [11]. Тому для компенсації можливих коливань у вазі зазвичай застосовують передозування. У системах об'ємного дозування важливо, щоб продукт, який дозується, завжди був рівномірно заповнений у дозаторі. Зазвичай за об'ємними системами дозують однорідні продукти, такі як рідини, соуси або пюре.

Дозування за об'ємом використовує визначений об'єм, який заповнюється за допомогою поршня, шнека або обертових телескопічних чашок, які постачаються через бункер і потім вивільняються за рахунок гравітації або за допомогою якогось типу приводу. Системи широко використовуються на високо навантажених виробничих лініях, живляться через бункери, оснащені лопатевим мішалкою для забезпечення рівномірного подавання, а також для запобігання застою матеріалу або утворення відкладень та порожнин. Фіксовану дозу можна досягти різними способами всі з яких мають визначити кількість у кубічних сантиметрах, літрах або грамах.

Об'ємна система базується на заповненні резервуара фіксованим об'ємом і розвантаженні необхідної кількості разів для завершення дози. Питома вага, пов'язана з об'ємом витіснення дозволяє визначити необхідний об'єм вимірювання, поршень з двома клапанами також можна використовувати як метод вимірювання. Циліндр штовхає поршень до дозуючого пристрою, електромагнітний клапан вмикається і зупиняється, коли циліндр рухається вперед [1-3]. Дозатор складається з кульки, яка штовхається пружиною при подачі тиску. Рідина вимірюється всередині поршня, який відкривається та пропускає певну кількість рідини. Дозуючий поршень застосовується для зміни кількості контрольованої рідини. Цей тип дозування використовується переважно для продуктів харчування, наприклад, варення, шоколад, йогурт, вершки, молоко та навіть сироп. Найпоширеніші об'ємні системи такі: шнекові дозатори, обертові дозатори, дозатори з рольгангом, дозатори з пневматичним поршнем.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шнекові дозатори – дозатори об'єму, які складаються з воронки, що може забезпечувати ручне або автоматичне наповнення (всередині воронки є гвинт, який контролюється машиною). Залежно від типу продукту, який потрібно виміряти та ваги контейнера, визначається кількість обертів, з якою обертатиметься гвинт, що залежить більше від кількості або ширини контейнера, ніж від гвинтів всередині воронки. Основним елементом є гвинт, який знаходиться всередині бункера, а його характеристика полягає в тому, що він видає певний об'єм продукту за кожен оборот. Робота може бути безперервною або періодичною і використовується, коли потрібна більша точність, оскільки в деяких випадках працюють з твердими матеріалами неправильної форми [4-6, 11]. Швидкість обертання гвинта забезпечується системою зниження швидкості (за допомогою зубчастих передач або ременів), доданою до електродвигуна, або шляхом приєднання двигуна до частотного перетворювача. Шнекові дозатори складається в основному з бункера та гвинтового шнека. Всередині бункера знаходиться гвинтовий шнек, який автоматично контролюється верхньою частиною машини. Гвинт обертається на певну кількість оборотів залежно від типу продукту, який потрібно дозувати та від кількості для пакування. Також можна встановити більше одного гвинта залежно від швидкості дозування, що потрібна, та від кількості продукту для дозування. Система розроблена для порошкоподібних продуктів, таких як спеції, барвники або інші.

Насипний продукт вводиться вручну або автоматично в резервуар, звідки він проходить через один або два дозуючі шнеки. Також використовується мішалка для забезпечення рівномірного вивантаження продукту. Двигун із зубчастою передачею, керований частотою, відповідає за регулювання потоку дозуючого гвинта від грубого до тонкого, для більш точного вимірювання під час подальшого зважування [11]. Дозуючі гвинти легко виймаються з корпусу, потрібно лише відтягнути їх назад за допомогою знімного знімача, що полегшує чистку та заміну окремих деталей. Корпус машини виготовлений із нержавіючої хромонікелевої сталі з різними поверхневими обробками. Має кілька геометрій гвинта залежно від продукту, який необхідно дозувати.

Дозатор телескопічних стаканів зазвичай складається з резервуару для сировини, мішалки, якщо це необхідно, барабана з телескопічними чашами та лійки. Барабан з чашами та мішалка оснащуються відповідним редукторним мотором. Сховище накопичує продукт, і його можна наповнювати вручну або автоматично. Телескопічні чаші вміщують кількість продукту, яку потрібно відправити до кожної упаковки, а кількість чаш безпосередньо залежить від типу продукту, який потрібно дозувати, та від розміру упаковки, яку будуть використовувати [1-3]. Змішувачі допомагають перемішувати продукт для забезпечення постійного потоку, щоб запобігти залишкам або відкладенням на стінках бункера. Система може дозувати однорідні тверді продукти, такі як рис, зернову каву, цукор, кукурудзу, сочевицю.

Принцип роботи дозатора починається з введення продукту через бункер, щоб він потрапив у контейнер для подачі. Після цього дозувальна плита, де знаходяться телескопічні стакани, обертається навколо осі, яка приводиться в

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

рух редукторним двигуном. Обертання дозувальної пластини дозволяє, щоб коли склянки проходять через ту саму позицію, де бункер підключений до контейнера, продукт переносився в дозувальні склянки до їх наповнення для наступного етапу [11]. На наступному етапі рівневий рейковий механізм, який знаходиться всередині живильного контейнера, відповідає за видалення надлишків, які можуть бути у склянці, щоб доза для дозування була правильною. На фінальному етапі, мірний стакан після того, як продукт був правильно перенесений і будь-який надлишок було видалено, повинен проходити лише через те саме положення, де знаходиться розвантажувальна трубка, щоб продовжити дозування продукту.

Об'ємний дозатор призначений для дозування продуктів вільного потоку, таких як пелети або гранули, наприклад, рис, макарони, горіхи, шоколад або цукор. Регулювання різних об'ємів можливе завдяки тому, що телескопічні чаші мають перевагу можливості збільшувати або зменшувати свій розмір без необхідності їх заміни [2]. Висоту двигуна можна регулювати, тому це дозволяє адаптувати об'єм дозування. Функції наповнення, дозування та розвантаження можуть бути розроблені для безперервної або переривчастої роботи. Його можна використовувати як окремі пристрій або поєднувати з іншими машинами для упаковки або промислових виробничих ліній.

Дозатор з об'ємною вакуумною системою. Складається із бункера, гвинта-шнека, зубчастого двигуна, циліндра, чотирьох оптичних сенсорів, пневматичного циліндра та вакуумного насоса. Процес дозування починається з завантаження продукту у бункер, який розташований у верхній частині. За допомогою шнека подається трубка попереднього завантаження. Під трубкою попереднього завантаження знаходиться телескопічний стакан у якому визначається обсяг для дозування і регулюється за допомогою вакуумної системи. Потім телескопічний стакан переміщується через пневматичний циліндр, вимірює порцію і вивантажує її у випускну трубку, де знаходиться упаковка.

Система вакууму дозволяє точно налаштовувати дозування склянки, а також забезпечує кращу розвантаження продукту у тару. Весь процес контролюється за допомогою ПЛК, де можна налаштувати специфікації дозування щодо об'єму, швидкості та ручного або автоматичного режиму. Ручний режим дуже простий і потребує лише одного оператора, який має постійно контролювати вручну на панелі управління час і швидкість дозування, що потрібні. Зазвичай ручний режим використовується, коли оптичні сенсори, розташовані в попередньому трубопроводі, непридатні. Є чотири оптичні сенсори, розміщені поперек у попередньому трубопроводі, який є прозорим, парами, і вони працюють, випромінюючи промінь світла, з'єднаний зі своєю відповідною парою через трубопровід [3, 11]. У момент, коли продукт заповнює попередній трубопровід, з'єднання між сенсорами переривається, вказуючи в цей момент, що попередній трубопровід заповнений. Таким чином, ПЛК надається інформація, щоб зупинити передачу продукту до завантажувальної труби та здійснити дозування. Натомість, коли йдеться про продукти з приправами або соусами, завантажувальна труба постійно

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

непрозора і датчики не можуть працювати, оскільки світло датчика ніколи не досягає своєї відповідної пари, отже, неможливо використовувати автоматичний режим і потрібна участь оператора для виконання процесу.

Дозатори з пневматичним поршнем. Дозатор призначений для роботи з рідкими продуктами, напіврідкими та похідними від них. Зазвичай система складається з поршня з камерою регульованої місткості, де пневматичний циліндр приводить його в рух. Його виготовлено з нержавіючої сталі і, подібно до інших диспенсерів, зазвичай встановлюється на автоматичних або частково автоматичних машинах, що використовуються для невеликих виробництв. Пневматичні виконавчі механізми використовують стиснене повітря для виконання своєї пересувальної роботи. Робота виконавчого механізму полягає у подачі повітря під тиском, яке потрапляє через отвір задньої камери, ця дія заповнює зазначену камеру і це спричиняє лінійний рух штока [4-6]. Пневматичні виконавчі механізми поділяються на дві загальні групи: виконавчі механізми з одnobічною дією та з двобічною дією. Виконавчі механізми з одnobічною дією мають лише один напрямок роботи, зворотний хід зазвичай забезпечується пружиною. Зазвичай їхній шток дуже тонкий і не перевищує 100 міліметрів ходу [7, 8]. Зі свого боку, у двосторонніх виконавчих механізмах стиснене повітря надходить у різні камери, що забезпечує контрольований рух як виходу, так і входу штока, через цю причину він має більш широке застосування, ніж односторонній виконавчий механізм з повертаючою пружиною.

Поршневий дозатор зазвичай складається з дозуючого насоса (поршня та дозуючої камери) та кульового клапана або трьохходового клапана. Принцип його роботи полягає у наступному: спочатку продукт вводиться через бункер або верхню трубу, заповнюючи таким чином дозуючу камеру, де розташований поршень [7, 8, 11]. У цей момент починається хід поршня, всмоктуючи продукт, щоб після завершення процесу заповнення активувати клапан і дозволити проходження продукту до дозуючого клапана, що забезпечить його вихід. Система ідеально підходить для рідких або напівв'язких продуктів, таких як йогурти, соуси, вода, вино тощо. Переваги та недоліки систем об'ємного дозування наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки систем об'ємного дозування [1, 4, 5]

Дозатор телескопічних стаканів	Шнековий дозатор	Дозатор з пневматичним поршнем
Оператор повинен визначити обсяг для дозування в залежності від вимог до сировини. Операційною системою можна керувати вручну або напівавтоматично.	Система може контролювати дозування продуктів, що важко пересуваються, наприклад, порошкоподібних продуктів за допомогою гвинтового шнека всередині бункера.	Використовується для рідин та напіврідин, має поршень, який діє разом із штовхачами для дозування мас.

Переваги		
Вони дуже ефективні для гранульованої сировини, забезпечують швидше дозування у порівнянні з іншими дозаторами.	Робота безперервна, використовується для складних продуктів з обмеженими умовами ковзання. Має регулятор напруги та швидкості за потреби.	Зазвичай його використовують у рідинах і напіврідких речовинах. Дозування здійснюється за допомогою механічного впливу.
Недоліки		
Менш точний, а його калібрування залежить від матеріалу, не потрібне вимірювання маси.	Вимагає складного обслуговування. Процес дозування повільний, а кількість дозування менша за кожного процесу.	Вимагає складного обслуговування, а чистка складна.
		

Системи дозування допомагають рівномірно та точно подавати продукт у пакети за допомогою напівавтоматичних та автоматичних процесів. Існують різні способи дозування продукту, серед них такі, як дозування за вагою. Дозування за вагою може використовувати ваговий бункер або багатоголовий дозатор, де продукт спускається через механізм конвеєрної стрічки або через вібраційний жолоб, що запобігає руйнуванню продукту, роблячи ці системи ідеальними для роботи з нерегулярними твердими продуктами, такими як снеки, зерно, кава тощо [4, 5]. Дозатори за вагою базуються на заповненні резервуара фіксованого об'єму та вивантаженні цього вмісту стільки разів, скільки необхідно для досягнення обсягу, що підлягає дозуванню. Відношення між питомою вагою та переміщеним об'ємом забезпечує виміряні кубічні сантиметри. Дозатори твердих речовин забезпечують постійний та точний потік продуктів. Їхній дизайн простий і потребує мало місця для встановлення, що дозволяє легко адаптуватися до будь-яких умов.

Гравітаційний дозатор. Тип дозатора складається з резервуара у який зазвичай поміщають рідину, активується через головний бак за допомогою внутрішнього поплавця та має кран у нижній частині. Він контролюється, щоб рідина могла проходити через пакувальну машину в точний момент. Використовується тільки для рідких продуктів, таких як вода, сік, розсіл, вино. Гравітаційні дозатори контролюють потік сировини за вагою, тому для досягнення більшої точності дозування потрібні ваги. Прикладом цього типу

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

дозатора є гравітаційний стрічковий дозатор. Матеріал, що зберігається в бункері падає на конвеєрну стрічку і транспортується на вагову платформу, пристосовану для фіксації ваги, що відповідає необхідній дозі. Системи точніші за об'ємні системи, оскільки зміна об'ємної маси не впливає на дозування, але сприятливо впливає на вагу матеріалу відносно зайнятого ним простору [4-6]. Найчастіше використовують гвинтові дозатори та дозатори з обертовими затворами. Вони є результатом поєднання дозатора з ротаційним затвором і гвинтового об'ємного дозатора. Дозувальники підходять для обробки закусок, форма яких зазвичай нерегулярна, порошкоподібних або твердих продуктів. Вони мають вібраційний живильник для сенсора сили, який допомагає уникнути розлому продукту. Вага контролюється цифровим способом, що дозволяє точно дозувати. Дозатори використовуються у машинах для автоматичного дозування з налаштуваннями багатьох насадок або для виконання малих напівавтоматичних виробництв.

Гравіметричні дозатори зазвичай використовуються, коли фізичні характеристики та форма продукту є різнорідними, тобто вони не дозволяють дозування однакової кількості в кожний момент. Загалом за допомогою гравіметричних систем дозують різнорідні продукти, такі як картопляні чіпси, шкірки, макарони та інші. Принцип гравіметричного дозування полягає в наявності однієї або кількох інтегрованих вагових комірок, які вимірюють матеріал, який потрібно дозувати, перетворюючи прикладену силу на електричний сигнал [11]. Сигнал надсилається до системи контролю, де здійснюється контроль дозування машини. Гравіметрична система може автоматично компенсувати відхилення, які можуть виникати у насипній щільності. У промисловості існують два методи, які зазвичай використовують для контролю ваги, а саме: метод наближень та статистичний метод.

Гравіметричні стрічкові дозатори. Система схожа на дозуючий апарат об'ємного типу зі стрічкою, різниця полягає в тому, що вона безперервно контролює обсяг виходу, одночасно зважуючи транспортер, перевіряє швидкість транспортера та заслінку до нижнього отвору бункера, щоб зрештою продукт, що дозується, керувався контролером [1-5]. Дозатор з багатоголовою вагою на даний момент це найшвидша та найточніша система для дозування твердих речовин, як однорідних, так і неоднорідних. Через велику швидкість роботи цього типу дозатора його неможливо забезпечити вручну, і необхідно використовувати підйомник продуктів для цього. Він складається з кількох контейнерів, куди поміщається продукт для дозування, крім того, ці контейнери мають всередині тензометричні клітинки для вимірювання ваги, яку вони містять. Контейнери мають меншу вагу, ніж тара, куди зрештою буде дозуватися продукт, а потім за найкращою можливою комбінацією різних ваг, що містяться в кожному контейнері, досягається бажана вага для тари.

Дозувальна машина з вібруючими каналами. Дозатор складається з вібруючого бункера та великих і малих вібраційних каналів. Продукт безперервно подається через вібруючий бункер до вібруючих каналів, автоматично синхронізуючись з кожним циклом роботи. Інтенсивність з якою вібрують як бункер так і канали, регулюється відповідно до характеристик продукту. Система використовується для продуктів, які просто течуть через

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

бункер та канали, таких як цукерки, паста, зневоднені продукти тощо. Система дозування є найважливішою частиною обладнання, оскільки її функція полягає у транспортуванні матеріалів із бункера до системи вивантаження та розрахунку точної кількості матеріалу, який необхідно упакувати. В таблиці 1.2 наведено переваги та недоліки систем дозування за обсягом (вимірювальних) та за вагою (гравіметричних).

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки систем дозування [2, 4, 5]

Тип дозатора	Переваги	Недоліки
Об'ємний дозатор	Його конструкція та монтаж простіші та економічніші. Не вимагає жодного електронного контрольного обладнання.	Не може автоматично компенсувати варіації у властивостях матеріалу. Швидкість дозування та калібрування повинні вибиратися вручну. Не дозволяє автоматичне виявлення перерв у постачанні.
Гравіметричний дозатор	Підтримується необхідна швидкість дозування через контроль швидкості втрати ваги в системі. Не існує ризику додати надмірну кількість, що забезпечує економію. Дозволяє автоматично компенсувати відхилення від питомої щільності	Вимагають обладнання для контролю потоку матеріалу за вагою. Проєктування та монтаж більш складні та дорогі.

На основі вище зазначеного можна вважати, що існують дві групи дозаторів: об'ємні та вагові. Об'ємні виконують свою роботу залежно від об'єму, тому їх потрібно калібрувати перед кожною роботою за параметрами щільності, маси та часу, зазвичай їх використовують для дозування в'язких рідин. Вагові або гравіметричні дозатори працюють виключно залежно від ваги, тому вони оснащені тензометричними датчиками, а гравіметричних системах легко компенсувати можливі відхилення питомої щільності. Для вибору відповідного варіанту для процесу дозування в рамках критеріїв прийняття рішень або відбору також необхідно врахувати наступні фактори: фізичний стан продукту з яким працюють, точність, кількість для дозування, спосіб відвантаження.

1.2 Системи керування дозуванням

Система керування складається з трьох основних компонентів: датчиків, системи керування (елементів) та виконавчих механізмів. Зосередимо увагу на датчиках та виконавчих механізмах, оскільки для механічного проєктування машини це найважливіше. Датчики є пристроями, які «збирають інформацію та передають її системі керування», таким чином система керування «розуміє»,

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

обробляє інформацію та приймає рішення [6, 11]. Виконавчі пристрої – це пристрої, які «слідуючи вказівкам системи керування», виконують «дії, що впливають на процес», наприклад: двигуни, реле, клапани, світлові індикатори. У багатьох випадках виконавчий пристрій є пристроєм, який запускає роботу одного з цих обладнань. Далі система керування отримує «інформацію про навколишнє середовище», над яким планується здійснити якусь дію або серію дій через сенсори. Інформація надає дані для того, щоб контролер вирішив, чи потрібно виконати якусь дію, у такому випадку ця дія виконується виконавчим пристроєм, який має можливість її здійснити.

Датчики використовуються для вимірювання механічних, теплових, електричних, фізичних, хімічних величин. Вони базуються на принципі перетворення енергії, де датчик фіксує зміни певної величини і перетворює вимірювання на сигнал, зазвичай електричний, щоб надати інформацію інструментам для зчитування та реєстрації або для системи управління і таким чином виконувати необхідні дії залежно від проведених вимірювань. Пристрої слід встановлювати в оптимальному місці для вимірювання цієї величини, стану та розуміти їхній спосіб роботи, щоб мати можливість встановлювати, налаштовувати або обслуговувати системи, які їх використовують. Існує велика різноманітність датчиків для вимірювання всіх видів величин, тому вони можуть класифікуватися по-різному [11]:

- аналогові забезпечують вихід з змінним рівнем залежно від параметра, що вимірюється;
- бінарні забезпечують вихід типу «все або нічого» (1/0);
- цифрові надають інформацію про вимірювання за допомогою специфічного протоколу зв'язку, який надає виробник.

Залежно від внутрішньої структури, яку вони мають:

- пасивні не потребують живлення, як-от ті резистори, які змінюють значення залежно від світла або температури;
- активи утворені електронними схемами, які повинні живитися і тому потребують джерела енергії.

Залежно від типу параметрів, які вони здатні виявляти:

- механічні виявляють ті параметри, що відповідають механічним діям, контактам, прискоренню;
- навколишнього середовища вимірювання температури, вологості;
- фізичні виконують вимірювання відстані, часу, ваги.

Існує багато способів класифікації сенсорів, що пов'язана з сферами застосування. Сфера застосування на якій важливо зосередитися – це харчова промисловість, а точніше процес дозування продуктів харчування. Тому далі буде наведена коротка класифікація кожного з найчастіше використовуваних сенсорів у харчовій промисловості при дозуванні продуктів харчування.

Бінарні датчики можуть зустрічатися від найпростіших до набагато складніших систем, але завжди пропонують два дискретні стани. Вимикачі, кнопки, мікровимикачі, кінцеві датчики ходу є простими механічними системами у яких відкриваються або закриваються два контакти і при цьому встановлюються два електричні рівні. Датчики, хоча й працюють із змінними

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

фізичними величинами, такими як температура, вологість, тиск, забезпечують лише дискретні рівні, що пояснюється тим, що вони попередньо налаштовані на певний рівень або користувач налаштовує їх на необхідний рівень, щоб виконувати потрібну функцію [11]:

- датчик температури двигуна машини, коли досягає 85° (фіксоване значення), запускає контур охолодження;
- датчик кінцевого вимикача конвеєрної стрічки, коли він досягає певної точки, активує кінцевий вимикач і зупиняє двигун стрічки;
- мінімальний рівень, досягнутий у рідкому середовищі, коли датчик рівня активується і запускає насос.
- система реле електропневматичного кола, яка, отримуючи різні сигнали, здатна електронно відкривати і закривати (як вимикач) електричне коло, тим самим створюючи рухи/функції в іншому колі.

Датчики рівня освітленості ґрунтуються на двох типах технологій:

- змінні резистори залежно від рівня світла, чим більше світла вони отримують, тим значніше зменшується опір. Вони мають велику чутливість, але при зміні освітленості, якщо вона змінюється дуже швидко, опір змінюватиметься повільніше.

Напівпровідники, чутливі до світла (фотодіоди, фототранзистори тощо):

- фотодіоди: чутливі до видимого або інфрачервоного світла. Вони повинні бути зворотно поляризовані, щоб при збудженні світлом виникав рух струму;
- фототранзистори: чутливі до світла, але насамперед до інфрачервоного. Коли світло падає на область бази, утворюються носії заряду, які переводять транзистор у стан провідності.

Датчики для автоматизації процесів використовуються для запуску систем, регулювання параметрів, вибору опцій серед багатьох інших речей. Також вони є важливою частиною системи управління. Їх називають кнопками, вимикачами, перемикачами, потенціометрами, енкодерами тощо. Це прості механізми, які використовують ці сенсори і більшість мають два стани, такі як проводить/не проводить, активний/не активний, різні позиції, але також є більш складні механізми, такі як потенціометри або енкодери.

Необхідно, щоб дозувальна машина керувалася інтегрованою системою контролю, яка видаватиме команди одночасно всім електромеханічним системам для забезпечення точності у діяльності, яку виконуватиме машина. Для цієї операції існують два можливих варіанти контролю [6]:

За допомогою мікроконтролера. Мікроконтролери – це пристрої, які роблять більш компактною схему керування автоматизованою машиною, вони оснащені набором логічних функцій, які відповідають за правильну роботу часу, ваги, вібрацій дозатора, ці пристрої призначені для роботи при низьких струмах, що обмежує їхнє промислове використання. Мікроконтролери використовуються для скорочення витрат і зменшення споживання енергії в системі, оскільки вони можуть виконувати команди, записані у їхній пам'яті, і для їх функціонування мають складові частини комп'ютера, серед яких можна зазначити центральний процесор, пам'ять та периферійні пристрої як введення,

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

так і виведення. Мікроконтролери розроблені для зменшення економічних витрат і споживання енергії конкретної системи.

За допомогою програмованого логічно контролера. ПЛК є програмним засобом або програмованим електронним пристроєм, який служить для створення інтерфейсу людина-машина і має на меті забезпечення контролю через команди для процесів автоматизації промисловості. Електронний пристрій працює шляхом прийому сигналів від модулів введення, виконує логічне програмування і надалі видає сигнали вихідних модулів, також званих виконавчими механізмами, які діють на процес, знову контролюючи стан датчиків.

Серед переваг ПЛК слід зазначити, що він дозволяє розробляти логічні автоматизми та контроль процесів у реальному часі, будь то комбінаційного або послідовного типу, також забезпечує зручність використання програмованої логіки, легко вносити зміни відповідно до вимог процесу або обладнання. Ще однією його перевагою є те, що він дозволяє оптимізувати процес шляхом скорочення часу виконання завдання, що, в свою чергу, дозволяє оптимізувати робочу силу, полегшує контроль і підвищує надійність системи [11]. Додатковою перевагою є його розмір і обсяг, а також розмір його компонентів, що зменшує витрати на обслуговування та робочу силу. ПЛК можуть піддаватися фізичним, електричним та/або хімічним факторам, таким як температура, вологість, вібрація, шуми та інші забруднювачі навколишнього середовища, які не впливають на моделювання процесів, тривоги та відмови і не впливають безпосередньо на роботу машини. Розглянемо деякі види датчиків [6]:

Індуктивні датчики наближення – детектори, які базуються на механізмі електронного перемикачання без контакту або механічного кріплення до частини, яка їх приводить у дію. Вони використовуються для виявлення будь-якого феромагнітного об'єкта (металевого або провідного електрики) на певній відстані без необхідності контакту. У цьому випадку сам датчик випромінює магнітний сигнал. Тип датчиків має досяжність або відстань, на якій вони можуть виявити об'єкт, яка варіюється від 0,8 до 250 мм, також матеріал, з якого він виготовлений, впливає на виявлення. Він нечутливий до бруду, але чутливий до близьких магнітних полів, що може спричинити перешкоди, а їхній термін служби не залежить від кількості детекцій, оскільки не відбувається зношування.

Ємнісні датчики наближення – датчики рекомендуються для виявлення ізоляційних матеріалів, що можливо завдяки тому, що їх виявляюча головка складається з електродів. Принцип роботи базується на конденсаторі як активному елементі, який виготовлений з металевих електродів у вигляді дисків та напіввідкритого металевого екрана у формі чаші. Коли матеріал потрапляє в активну зону перед датчиком, ємність конденсатора змінює своє значення. Чутливість можна регулювати за допомогою потенціометра.

Датчики навантаження – це сенсор, який використовується для перетворення сили на електричний сигнал, таке перетворення здійснюється наступним чином: по-перше, сила, яку бажано виміряти, деформує тензодатчик

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за допомогою механічного пристрою, а по-друге, тензодатчик перетворює фізичну або геометричну деформацію на електричний сигнал, що викликає зміну опору в тензодатчику. За допомогою тензодатчика можна вимірювати деформацію під впливом таких сил, як стиснення, розтягування та вигин, тобто тензодатчик становить власне пасивний перетворювач. Вони складаються з дуже тонкої непровідної основи, на яку прикріплюється дуже тонка металевий дріт таким чином, що більша частина її довжини розподілена паралельно певному напрямку.

1.3 Класифікація пакувального обладнання

У харчовій промисловості існують різні системи залежно від продукту, який необхідно дозувати та від необхідної точності. Механізми дозування суттєво відрізняються залежно від продукту, його щільності, поведінки при переміщенні, схильності до ущільнення і, головним чином, від його стану та в'язкості. Дозувальна система складається з частини для зберігання, механізму, який переносить точну кількість матеріалу з контейнера до пакувальної системи. Процес запаювання здійснюється після того, як продукт поміщено в контейнер, і потрібно ізолювати його від зовнішнього середовища для збереження. У харчовій промисловості забезпечується герметичне запаювання, як для гнучкої, так і для жорсткої упаковки [4-6]. У випадку мішечків більшість з них піддають термоспайці, коли з'єднуються два шари з подібними характеристиками до тих пір, поки ці шари не запаюються, утворюючи одну плівку. Процес повинен проводитися у всіх його частинах: верхній, нижній та вертикальній. Існують різні методи ущільнення і вони класифікуються залежно від типу матеріалу, який буде запаковано, але загалом процеси поєднують тиск із нагріванням, тобто потребують лінійних механізмів, що створюють тиск та затискачів або нікелінів, які генерують необхідне для запечатування обгортки тепло. Процес запечатування або пакування також підпорядковується різним механізмам, що існують у промисловості [12]:

- вертикальні пакувальні машини;
- горизонтальні пакувальні машини;
- машини комбінованого запаювання.

Оскільки сучасні дозувальні машини мають так багато варіантів, вони дозволяють комбінувати кожен тип механізму для отримання найкращих результатів залежно від матеріалу, що дозується. Для процесу герметизації пакетів із сировиною існує кілька типів машин [19-21]:

Педальні запаювачі призначені для запаювання пластикових або металізованих пакетів будь-якої товщини за допомогою розподілу температури в області запаювання. Температура запаювання регулюється і змінюється в залежності від товщини пластику з яким буде проводитися робота. Нікелінова частина нагрівається і за допомогою педалі верхній механізм закривається та притискає пакет до його запаювання.

Запаювальні пристрої типу затиску забезпечують пласке або рифлене запаювання, використовують той самий принцип запаювання за температурою,

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

але застосовують механізм затиску, де обгортка стискається до досягнення рівномірного запаювання або зі специфічними візерунками. Завдяки використаному механізму вони можуть охоплювати великі довжини запаювання до 50 см. Вертикальні безперервні запаювачі використовуються особливо для порошків і рідин, де потрібен досить швидкий ритм запаювання. Працюють з регульованою температурою, використовують одну котушку плівки для рукавів і формують упаковку за допомогою трьох нікелін, двох поперечних і однієї поздовжньої.

Ручні запаювальні машини використовуються на першій лінії виробництва. Запаювальні машини зазвичай призначені для домашнього використання, де застосовуються вже сформовані пакети, основна особливість цієї машини полягає в тому, що її процес запаювання ручний, отже, залежить від оператора, який витрачає час на виробництво, а вартість впровадження мінімальна в короткостроковій перспективі [23-27]. Горизонтальні та вертикальні запаювачі використовуються на лініях безперервного виробництва, де потрібен оператор, який вставляє попередньо сформований пакет із продуктом (рис. 1.3, рис. 1.4). Процес запаювання відбувається за допомогою руху тефлонових стрічок, які тягнуть пакет через губки з контрольованою температурою. Типи машин є універсальними, оскільки можуть запаювати пакети різних розмірів із різних матеріалів.



Рисунок 1.3 – Горизонтальна пакувальна машина



Рисунок 1.4 – Вертикальна пакувальна машина

Напівавтоматичні пакувальні машини використовуються в середніх та малих підприємствах, де продукт упаковується за допомогою комбінації ручних та автоматичних процесів. Процес формування здійснюється машиною з рулону пластику в той час як дозування вимагає присутності оператора, який контролює кількість для дозування, що робить цю виробничу лінію більш ефективною та дешевою [23-27]. Автоматичні пакувальні машини призначені для великих виробництв, де процес формування, дозування та запаювання відбувається автономно. Для цього типу обладнання потрібен лише один оператор для фінальної перевірки продукту, проте витрати на його встановлення високі і воно призначене для одного продукту.

Система ущільнення є процесом зварювання термопластику, де використовується тепло та тиск за допомогою двох планок з метою здійснення

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

термоупаковки різних пластиків. Більшість ущільнювачів використовують електричні нагрівачі як джерело тепла. Існують різні методи ущільнення [6, 12]:

- ультразвукове запаювання використовує два електроди, які генерують високу частоту, де створюється магнітне поле і виробляється достатнє тепло для плавлення та запаювання термопластику. Діапазон, у якому працюють ці зварювачі, становить від 3 до 30 МГц. При цій частоті використовуються коливання разом із прикладеним тиском для з'єднання шарів пластика, що герметизуються, коливання генерують достатню механічну енергію для нагрівання пластмас до точки герметизації;

- запаювання за допомогою захватів має пару захватів з алюмінію, сталі або бронзи, які допомагають у відведенні тепла, що виробляється електричним опором. Для контролю температури використовується термопара, яка підключається ззаду, контролюючи струм, що подається резистором, система широко використовується для запаювання пластику, такого як поліпропілен;

- запаювання гарячим лезом використовує гострий затиск при високій температурі, який одночасно здійснює запаювання та розрізання упаковки, через що площа запаювання мінімальна порівняно з іншими. Система зазвичай використовується для запаювання рідин, таких як йогурт, молоко;

- запаювання гарячим газом – метод з'єднання пластикових матеріалів використовує тепло, що генерується струменем повітря або інертного газу, температура якого попередньо підвищується для розм'якшення пластику з подальшим прикладанням тиску для досягнення зварювання;

- запаювання електричними резисторами використовують один або декілька резисторів, які нагрівають матеріал частини, що контактує з пластику, щоб утворити з'єднання. Частини можуть бути губками, стрижнями, плитами або штампами, які мають різні конфігурації і, як правило, покриваються антипригарним шаром або тефлоновим покриттям, щоб пластик не прилипав до нагрітої інструментальної частини;

- запаювання електричним імпульсом – метод коли частини, які контактують з пластиком не нагріваються постійно, а тепло генерується лише тоді, коли через них проходить електричний імпульс. Електричний струм нагріває елемент протягом певного часу, щоб досягти бажаної температури. Для процесу запаювання пакетів в промисловості використовують механізми імпульсного типу.

Формувальники відповідають за надання форми оболонці, а їхня геометрія може бути круглою або прямокутною, де рулон матеріалу подається з задньої частини і намотується через канал, надаючи форму упаковці, крім того, він переміщується за допомогою різних систем приводу, таких як, наприклад, крокові двигуни або тягнучі губки. Формувальники виготовляються залежно від розміру оболонки, необхідної для продукту [19-21]. Система керування та транспортування відповідає за напрямок пластикової плівки за допомогою роликів разом із формувальниками, забезпечуючи необхідне зчеплення, щоб матеріал рухався. Система широко використовується в системах безперервного виробництва і містить кроковий мотор, щоб довжина оболонки рухалася відповідно до розміру, встановленого оператором.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі вище зазначеного можна вважати, що дозувальні системи – це системи, що використовуються для зважування та вимірювання кількостей матеріалу або продукту, щоб мати змогу оптимізувати виробництво та якість продукту, призначені для обробки готової продукції або сировини. Обладнання, яке зазвичай використовується на виробничих лініях і функціонує для безперервного постачання точної кількості матеріалів, необхідних для виготовлення продукту, що дозволяє оптимізувати ресурси. Дозатор – обладнання, яке є невід’ємною частиною виробничої лінії, функцією якого є швидке забезпечення або подача необхідної кількості сировини для здійснення необхідного процесу.

Аналіз наукових джерел дав змогу визначити, що у харчовій промисловості існують різні системи дозування, залежно від продукту, який необхідно дозувати та від необхідної точності. Механізми дозування суттєво відрізняються залежно від продукту, його щільності, поведінки при переміщенні, схильності до ущільнення і, головним чином, від його стану та в’язкості. Дозувальна система складається з частини для зберігання, механізму, який переносить точну кількість матеріалу з контейнера до пакувальної системи. Серед основних систем дозування виділяють дві групи дозаторів: об’ємні та вагові. Для вибору відповідного варіанту для процесу дозування необхідно врахувати наступні фактори: фізичний стан продукту, точність, кількість для дозування, спосіб відвантаження.

Зазначено, що об’ємне дозування – це системи, які не вимірюють масу, а працюють на основі об’єму, саме з цієї причини їх слід калібрувати перед кожним використанням. Дозування за об’ємом використовує визначений об’єм, який заповнюється за допомогою поршня, шнека або обертових телескопічних чашок, які постачається через бункер і потім вивільняються за рахунок гравітації або за допомогою привода. Об’ємна система базується на заповненні резервуара фіксованим об’ємом і розвантаженні необхідної кількості разів для завершення дози. Найпоширеніші об’ємні системи: шнекові дозатори, обертові дозатори, дозатори з пневматичним поршнем.

Вагові або гравіметричні дозатори працюють виключно залежно від ваги, тому вони оснащені тензометричними датчиками, а в гравіметричних системах легко компенсувати можливі відхилення питомої щільності. Дозатори за вагою базується на заповненні резервуара фіксованого об’єму та вивантаженні цього вмісту стільки разів, скільки необхідно для досягнення обсягу, що підлягає дозуванню. Дозатори твердих речовин забезпечують постійний та точний потік продуктів, а дизайн простий і потребує мало місця для встановлення, що дозволяє легко адаптуватися до будь-яких умов.

Вважається, що дозувальна машина може бути встановлений зверху вертикальної машини для пакування ця адаптивність дозволяє інтегрувати обладнання в існуючі виробничі лінії. Процес запаювання здійснюється після того, як продукт потрапляє до наповнювальної системи, щоб ізолювати його від зовнішнього середовища для збереження. Процес герметизації або пакування також підпорядковується різним механізмам, що існують у промисловості, з-поміж яких можна виокремити: вертикальні та горизонтальні пакувальні машини та машини комбінованого запаювання.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

РОЗДІЛ 2

ПІДСИСТЕМИ ДОЗУВАЛЬНО-ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДРІБНИХ ШОКОЛАДНИХ ЦУКЕРОК

2.1 Система зберігання та дозування

На сьогодні будь-яка машина, яка дозволяє покращити виробничі процеси в промисловості є життєво важливою для компаній, що прагнуть стати конкурентоспроможними та закріпитися на ринку, особливо в харчовій промисловості. Саме тому дозуючі машини для харчових продуктів, які призначені для розподілу продукту та наповнення упаковок, пакетів або контейнерів у точних кількостях, мають надзвичайне значення. Окрім того, характеристики продукту, що потрібно дозувати, у багатьох випадках визначають тип дозатора, який потрібно використовувати, залежно також від ступеня точності вимірювання, умов навколишнього середовища та процесу дозування.

Об'ємне дозування – це системи, які не вимірюють масу, а працюють на основі об'єму, саме з цієї причини їх слід калібрувати перед кожним використанням. Крім того, дозатори не здатні автоматично компенсувати зміну щільності матеріалів або інгредієнтів, тому рекомендується для сипкої сировини. Об'ємне дозування – це метод при якому використовуються форми для вимірювання кількості продукту на одиницю упаковки [4, 5, 9]. Наприклад, дозатор телескопічних стаканів використовує обертовий диск з кількома чашами для випуску постійного об'єму продукту; шнековий дозатор використовує гвинт, який знаходиться всередині бункера, а його робота полягає в тому, що він видає певний об'єм продукту за кожен оборот; поршневий дозатор робота якого ґрунтується на пневматичних механізмах. Тому необхідно здійснити огляд існуючих систем дозування та пакування з метою визначення та вибору відповідних компонентів системи. Після оцінки різних альтернатив обрати відповідні компоненти для кожної з систем, що складають машину, включаючи систему дозування, герметизації та формування.

Об'ємний дозувальний апарат для виготовлення дрібних шоколадних цукерок складається з трьох основних систем: система зберігання, дозування та пакування. Існують різноманітні варіанти для вибору цих систем, тому буде обрано найдоцільніший, яка відповідає необхідним умовам.

Система зберігання – це система, яка складається з бункера в який завантажуються продукт для дозування у даному випадку дрібних шоколадних цукерок, подачу можна здійснювати вручну або за допомогою транспортного засобу. Система виконує функцію зберігання продукту для його дозування у менших кількостях. Існують різні форми та типи бункерів, зазвичай для харчових продуктів форма конструкції конічна і має похилі бічні стінки,

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Ярошенко			Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Цвіркун								23	19
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Н. Контр.		Омельченко									
Затверд.		Цвіркун									

так що вантаж розподіляється належним чином з верхньої частини і падає по стінках конуса, розвантаження здійснюється в нижній частині, хоча також існують пірамідальні форми. Верхня частина зазвичай має циліндричну або прямокутну форму, нижня частина зазвичай конічна, що полегшує вивантаження матеріалів. Огляд альтернатив для системи зберігання наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Огляд альтернатив для системи зберігання [4, 5]

Конічний бункер	Клиновидний бункер	Пірамідальний бункер
Використовується в поршневих дозувальниках для зберігання рідин та напіврідин через свою форму усіченого конуса. Воронка герметично закрита і містить рідину, яка вивільняється по мірі руху поршня.	Використовується для зберігання сирови або грубої сировини. Завдяки своїй майже прямокутній формі дозволяє більш об'ємне зберігання матеріалу є частиною бункерів для грубих матеріалів.	Використовується для зберігання зернових матеріалів. Завдяки своїй пірамідальній формі, дозволяє концентричне або ексцентричне переміщення відносно осі дозування є частиною бункерів для крупних фракцій.
Переваги		
Дозволяє швидко переміщувати рідкі та напіврідкі рідини. Часто використовується у харчовій промисловості.	Через прямолінійну форму двох граней затримує час вивільнення через перпендикулярність, що існує з виходом потоку.	Дозволяє регулярне переміщення рідких і напіврідких рідин завдяки формі усіченої піраміди в її нижній основі. Відповідно до конструкції можна адаптувати кілька отворів у нижній частині для системи дозування.
Недоліки		
Менший обсяг виробництва, оскільки при адаптації до системи дозування вона матиме лише один вихід матеріалу або потік, який зберігається.	Менший обсяг виробництва через прямолінійну форму двох його граней для системи дозування напіврідких рідин через перпендикулярність, що існує з виходом потоку.	Більший час дозування, оскільки структура є складною через пірамідальну форму.
		

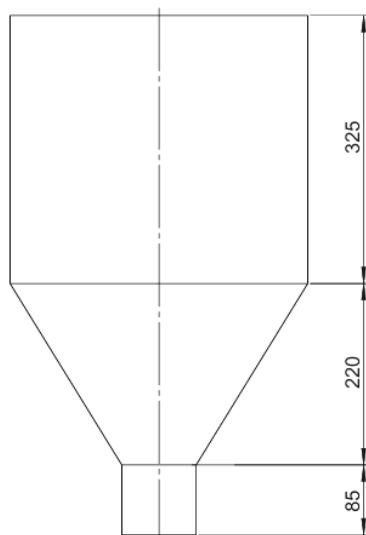
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ

Арк.

24

Аналіз переваг і недоліків проаналізованих типів бункерів дав змогу виявити, що бункери мають подібні характеристики, такі як промислова безпека, безпека продукту та потік виробництва але обрано конічний бункер, оскільки він легко монтується, експлуатується та обслуговується, має рівномірний потік і постійну густину і в ньому не залишаються продукти у мертвих зонах (рис. 2.1). Конічний бункер забезпечує масовий потік, що означає, що в будь-якій точці всередині резервуара матеріал перебуває в русі. Тобто існує потік збереженої сировини вздовж вертикальних стінок резервуара та стінок воронки, що утворює бункер [10, 13]. Тип потоку забезпечує повне вивільнення на передбачуваних швидкостях і має схему потоку типу «перший увійшов – перший вийшов». Якщо резервуар добре спроектований, відбувається перемішування матеріалу під час дозування, що в певній мірі протидіє сегрегації, яка могла виникнути у матеріалі при заповненні резервуара. Масовий потік вимагає, щоб стінки бункера були гладкими, а їх кут щодо горизонту був більше ніж 60° і не було різких переходів.



Якщо стінки бункера не мають достатнього нахилу або є шорсткими під час гравітаційного вивантаження відбувається потік каналного типу [10]. Це означає, що збережена сировина застоюлася в зоні біля стінок і падає з верхньої поверхні матеріалу всередину потоку вертикально, що утворюється над вихідним отвором. Потік є хаотичним і спричиняє проблеми з сегрегацією. Тип потоку «останній увійшов – перший вийшов». За короткий час поточний канал заповнюється щільно сировиною, тому матеріал у застійній зоні вже не може текти, отже, сповільнюється.

Рисунок 2.1 – Розміри бункера для зберігання

Об'єм циліндра бункера [6, 14]

$$V_1 = 2\pi(r_1)^2 * h_1$$

$$V_1 = 2\pi(5.2)^2 * 10.0$$

$$V_1 = 1699 [cm^3] \approx 1.70 [L]$$

де V_1 – об'єм циліндра, л;

h_1 – висота циліндра, см;

r_1 – радіус циліндра, см.

Об'єм конуса бункера [6, 14]

$$V_2 = \frac{h_2 * \pi}{3} (r_2^2 + r_1^2 + r_2 * r_1)$$

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$V_2 = \frac{30 \cdot \pi}{3} (25^2 + 5.2^2 + 25 \cdot 5.2)$$

$$V_2 = 2457 \text{ см}^3 \approx 24.57 [L]$$

де V_2 – об'єм конуса, л;
 h_1 – висота конуса, см;
 r_1 – радіус циліндра, см;
 r_2 – радіус зовнішньої дуги, см.

Загальний об'єм бункера

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 1.7 + 24.57$$

$$V_T = 26.27 [L]$$

де V_T – об'єм бункера, л;
 V_1 – об'єм циліндра, л;
 V_2 – об'єм конуса, л.

Дозувальні системи – це механізми, які використовуються з метою полегшення та підвищення продуктивності, таким чином, що при механічному дозуванні зменшується час процесів, мінімізується використання ресурсів, а також продукти видаються в рівних кількостях. Готові до подальшої упаковки пристрої забезпечують оптимізоване рішення для будь-якої виробничої лінії, де завжди пропорційно створюється швидка доставка з мінімальними втратами обробленої речовини, що є дуже корисним у харчовій промисловості. Системи дозування для пакування твердої сировини слід розглядати відповідно до типу сировини, оскільки це можуть бути важливі параметри для вибору типу механізму, який буде використовуватися. Дозатори – це механізми, які використовуються для регулювання подачі сировини на різних етапах процесу, вони складаються з: сервоприводів, електродвигунів, електромагнітів, пневматичних циліндрів та регуляторів, характеристики кожного з цих компонентів різні, що змінює розподіл оброблюваних продуктів. Для того, щоб вибрати відповідну систему дозування, було проаналізовано системи, що використовуються для дозування (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Огляд альтернатив для системи дозування [4, 5]

Дозування за допомогою мірних чашок	Дозування за вагою	Поршневе дозування
Через бункер продукт розподіляється на обертовий диск на якому знаходяться чашки з фіксованим об'ємом і під час обертання диска сировина розподіляється до наступної системи герметизації.	За допомогою вібраційної системи продукт розподіляється від бункера до резервуара з заслінкою, де відбувається зважування продукту, а потім спрямування до системи герметизації.	За допомогою поршневого механізму продукт направляється до резервуара з фіксованим обсягом, а завдяки дії двигуна продукт направляється до каналу для його герметизації.

Переваги		
Володіє відмінною точністю при роботі з продуктами низької щільності. Швидкість дозування висока, крім того, за допомогою контролю можна регулювати швидкість.	Дозування продукту точне для продуктів з низькою та середньою щільністю. Містить небагато елементів у своїй системі.	Має відмінну точність для продуктів з низькою щільністю. Для його конструкції потрібна невелика кількість матеріалу, а керування двигуном просте.
Недоліки		
Вимагає високих витрат на робочу силу та матеріали.	Використовується лише в упаковках типу «подушка».	Швидкість дозування залежить від часу заповнення продуктом резервуара.

Для вибору відповідного варіанту для процесу дозування в рамках критеріїв прийняття рішень або відбору також необхідно враховувати наступні фактори: фізичний стан продукту з яким працюють, бажана точність, кількість для дозування, спосіб відвантаження. Обрано об'ємну систему дозування за допомогою мірних стаканів. Тип системи має бункер для подачі та платформу (обертовий диск) на якій відповідно розташовані рівновіддалені мірні чашки. Бункер закріплений, тоді як платформа разом зі стаканами обертається за допомогою двигуна. Коли циліндри проходять прямо під бункером то вони наповнюються потрібною кількістю і переміщуються до точки розвантаження.

Об'ємні машини для наповнення чашок пропонують спеціалізоване рішення, дозуючи продукти за об'ємом, а не за вагою. Використовуючи заздалегідь встановлені стаканчики для вимірювання порцій продукту машини особливо добре підходять для вільно текучих сухих продуктів. Об'ємна машина для наповнення чашок – пристрій, який призначений для вимірювання та подачі продуктів на основі об'єму за допомогою серії чашок або порожнин заздалегідь визначених розмірів. Кожна чашка випускає певний об'єм у контейнер, забезпечуючи рівнем наповнення у всіх пакетах [15, 16]. Машина оснащена бункером для зберігання продукції. Обертове колесо та пластина містить кілька вимірювальних чаш, які можна регулювати або замінювати для встановлення бажаного об'єму. Під час обертання колеса кожна чашка рухається під отвором бункера і наповнюється за допомогою сили тяжіння. Затвор часто регулює потік, а зайвий продукт знімається, щоб чашка містила точну міру. Наповнена чашка потім розташовується над цільовою ємністю і випускає вміст або за допомогою гравітації або через механізм люка в чашці. Продукт опускається в очікуваний пакет, мішечок або пляшку, а це послідовне циклування кількох чашок забезпечує безперервну роботу.

Швидкість циклу: ротаційна послідовність працює на високих швидкостях, при цьому об'ємні машини для наповнення чашок зазвичай досягають швидкості від 30 до 120 наповнень на хвилину, залежно від розміру чашки та

характеристик продукту. Сучасні моделі та багаточашкові системи можуть досягати ще вищих швидкостей, деякі конструкції досягають понад 200 заповнень на хвилину для менших доз.

Регульований об'єм: щоб змінити розмір наповнення, оператори можуть або замінити чашки на ті, що іншого об'єму або відрегулювати глибину чашки. Багато машин пропонують телескопічні або змінні набори чашок, що дозволяє одному наповнювачу вміщувати різні ваги та об'єми упаковок, забезпечуючи гнучкість для різних продуктів або розмірів порцій.

Об'ємні машини для наповнення чашок можуть функціонувати як окремі пристрої – активуються вручну, наприклад, педаллю для напівавтоматичного наповнення або бути інтегрованими в автоматизовані лінії пакування. Наприклад, дозувальна машина може бути встановлений зверху вертикальної машини для пакування або використовуватися разом з конвеєром для наповнення жорстких контейнерів, ця адаптивність дозволяє інтегрувати в існуючі виробничі лінії для автоматизації процесу дозування. Об'ємні машини для наповнення чашок мають кілька ключових переваг для пакування сухих, вільно текучих продуктів [16]:

- висока пропускна здатність і ефективність – об'ємні машини для наповнення стаканів розроблені для швидкості, що робить їх ідеальними для великих обсягів виробництва.

- постійні об'єми заповнення, бо машини підтримують стабільні об'єми наповнення, застосовуючи стаканчики фіксованого розміру для розподілу однакової кількості продукту в кожену упаковку – послідовність є ключовою для підтримки якості продукту.

- надійність – простий дизайн об'ємних машин для наповнення чаш, часто з ротаційною баштою та мінімальною кількістю рухомих частин, підвищує їхню надійність і зменшує потреби в обслуговуванні, що дозволяє легко працювати та швидко налаштовувати, мінімізуючи прості та операційні складності.

- універсальність, бо машини можуть працювати з широким спектром сухих, вільно текучих продуктів, включно з зернами, насінням, кавовими зернами, горіхами та дрібними цукерками, а також адаптуються до різних форматів пакування, таких як пакети, банки та банки.

- кількість продукту можна регулювати змінюючи телескопічні стакани на необхідну кількість;

- прийнятна продуктивність, оскільки на одному обертовому диску знаходиться кілька стаканів, і відповідно до потреб можна змінювати швидкість обертання;

- прийнятна точність при розфасовуванні продукту;

- легкість у обслуговуванні та заміні компонентів.

На рисунку 2.2 представлено систему дозування, яка складається із бункера для зберігання дрібних шоколадних цукерок, за яким слідує об'ємні циліндри, які закріплені на рейці. Завдяки їх руху відбувається дозування, після чого продукція потрапляє у другий бункер, який спрямовує її до наступного процесу. Для системи дозування застосовується обертовий диск, який має

отвори до яких приєднуються циліндри з певним об'ємом і які служать для розрахунку кількості продукту для дозування.

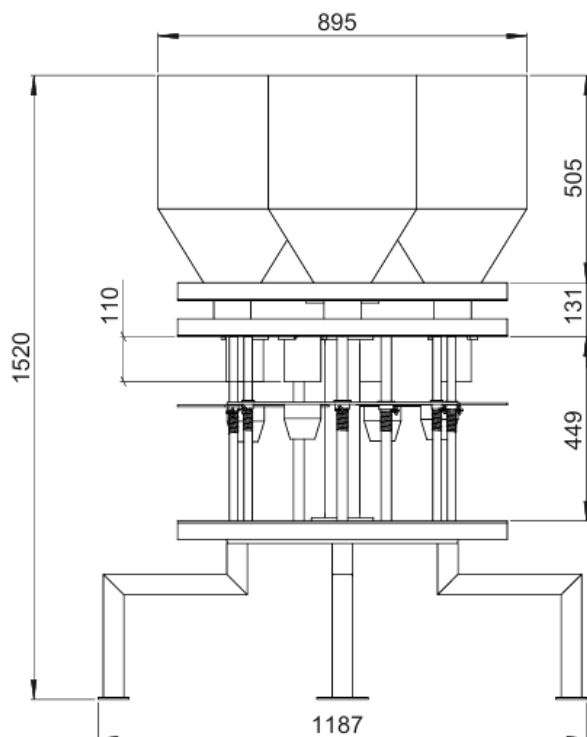


Рисунок 2.2 – Система дозування

Через тип матеріалу, який буде оброблятися дозуючою машиною та її дозувальну здатність, дозуючий диск повинен відповідати наступним вимогам [4-6]:

- матеріал дозувального диска не повинен реагувати з сировиною;
- матеріал дозувального диска повинен перешкоджати розмноженню біологічних забруднювачів;
- матеріал дозувального диска не повинен хімічно реагувати з миючими та дезінфікуючими засобами;
- матеріал дозувального диска повинен бути стійким до тертя із сировиною та іншими елементами, які з нею контактують;
- ємність дозувального диска повинна дозволяти зберігати попередньо встановлену кількість продукту для контролю над дозованою кількістю;
- дозувальний диск витримує вагу продукту, який він обробляє та момент двигуна не деформуючись;
- циліндри дозувального диска повинні бути симетричними, щоб оброблюваний продукт був однаковим, що полегшує контроль обсягу дозованого продукту;
- дозувальний диск повинен відповідну кількість сировини розподілену по кількості циліндрів, що використовуються для дозування;
- циліндри дозувального диска не повинні дозволяти накопичувати сировину на етапі вивільнення;
- дозувальний диск повинен бути знімним для його очищення та обслуговування;

– дозувальний диск повинен бути належним чином закріплений на дозуючому пристрої, щоб забезпечити безперервний рух.

При проєктуванні системи дозування враховувався об'єм 1000 см^3 .

Для розрахунку об'єму циліндра

Периметр циліндра [6, 15]

$$P = 2\pi * r$$

$$P = 2\pi * 5.08 = 31.91 [\text{см}]$$

Висота дозуючого циліндра [6, 15]

$$V = 2\pi r^2 * h$$

$$h = \frac{V}{r^2 * \pi}$$

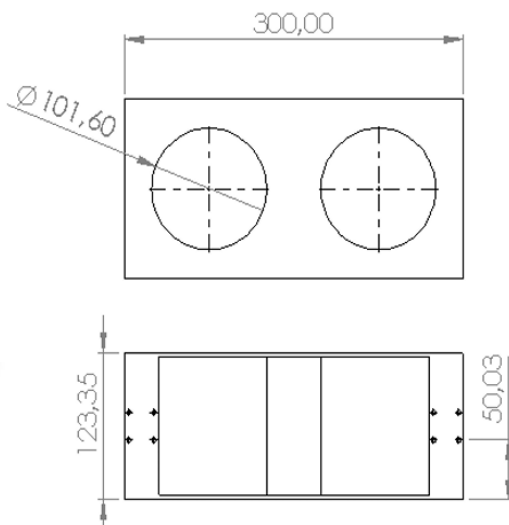
$$h = \frac{1000 [\text{см}^3]}{(5.08 [\text{см}])^2 * \pi} = 12.33 [\text{см}]$$

де P – периметр, см;

V – об'єм дозувального циліндра, л;

r – радіус, см;

h – висота дозувального циліндра, см.



Циліндр А буде наповнюватися тоді як циліндр В буде його вивільняти. Коли циліндр А буде заповнено вхідний канал буде відкритий під дією гравітації, а вихід перекритий. Одночасно з цим у другому циліндрі механізм перемикатиметься так, що вхід перекриватиметься, а вихід відкриватиметься.

Рисунок 2.3 – Дозувальні циліндри

Для дизайну береться до уваги кінцева вага продукту, який бажають упакувати, і її безпосередньо пов'язують з об'ємом, який повинен мати стакан. Запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму, оскільки об'єм продукту може змінюватися з різних причин (вологість, стискання) за допомогою різьби контролюватиметься об'єм дозуючого циліндра відповідно до потреби. При обертанні диску за необхідності може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні за допомогою мірних циліндрів, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.2 Система формування та пакування

Пакувальні машини – це ті машини, які використовуються для герметизації певного продукту і таким чином запобігають його забрудненню зовнішніми агентами. Розмір і форма цих машин безпосередньо пов'язані з розміром і формою упаковки продукту, який буде герметизуватися, більшість цих машин працюють з дуже широкою універсальністю [18]. Система формування оболонки може здійснюватися з рулону упакованого матеріалу, коли пластик заходить з задньої частини шару і намотується навколо прямокутного каналу подачі продукту, формуючи безперервною трубою з нахлестом, що дозволяє поздовжнє герметизування. Існує інша система, яка не формує мішок, а натомість вже має вертикальне ущільнення і просто надає машині необхідну кількість пакувальної плівки для продукту, що упаковується, щоб вона виконала горизонтальне ущільнення і продукт залишався запакованим. Для вибору методу формування упаковки було проаналізовано наявні методи, а також коротко пояснено роботу, переваги та недоліки кожної альтернативи. Огляд варіантів для системи формування наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Огляд альтернатив для системи формування [4, 5]

Круглий формувач	Прямокутний формувач
Рулون матеріалу подається з задньої частини і намотується через канал, одночасно формуючи упаковку, яка переміщується за допомогою тяги, що створюється кроковим двигуном.	Рулон матеріалу подається з тильної сторони до пакувальної машини через її напрямні, а переміщення здійснюється за допомогою крокового двигуна.
Переваги	
На пластику утворюється мало зморшок. Коефіцієнт тертя мінімальний для руху рулону.	Підходить для виготовлення упаковок паралелепіпедної форми. Система натягу забезпечує більшу легкість.
Недоліки	
Його будівництво є складним.	Конструкція складна. Упаковка схильна до розривів через те, що формувач прямокутний.
	

Аналіз дав змогу виявити, що найкращим варіантом є круглий формувач, оскільки він здійснює менше розривів під час формування упаковки, а також має менший коефіцієнт тертя. Кругла форма формувальної горловини дозволяє легкий рух сировини до наступного процесу запаювання. Дизайн формуючого коміра полягає у переході пластикової плівки з котушки, де пластик розподілений як лист у форму конуса, тобто змінюючи поперечний переріз матеріалу і таким чином полегшуючи герметизацію [6, 12]. У промисловості для цього існують деталі у вигляді простого конуса, але найчастіше використовується такі формувачі, які налаштовуються так, щоб задня стінка вузла була входом для пластикової плівки, переходячи до внутрішніх стінок деталей, потім за рахунок втягування пластикова плівка виходить, наближаючись до нижнього кінця канавки деталі, оточуючи живильну трубу у трубчасту або циліндричну форму, залишаючи пластик готовим до процесу герметизації.

Запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Тому вважається за доцільне модифікувати формувальне елемент, що полягає в наступному:

- по-перше, формуючий елемент виконати у формі круглої шийки;
- по-друге, трохи витягну та заокруглити вузол на краю формуючого коміра для того, щоб коли плівка проходила в формуючу трубку то вона плавно прилягала до вузла не спричиняючи деформації пакувального матеріалу.

На основі вибору альтернатив була спроектовано формувальна горловина для подачі пластикової плівки шириною поліпропілену. Дизайн формуючого коміра наведено на рисунку 2.4.

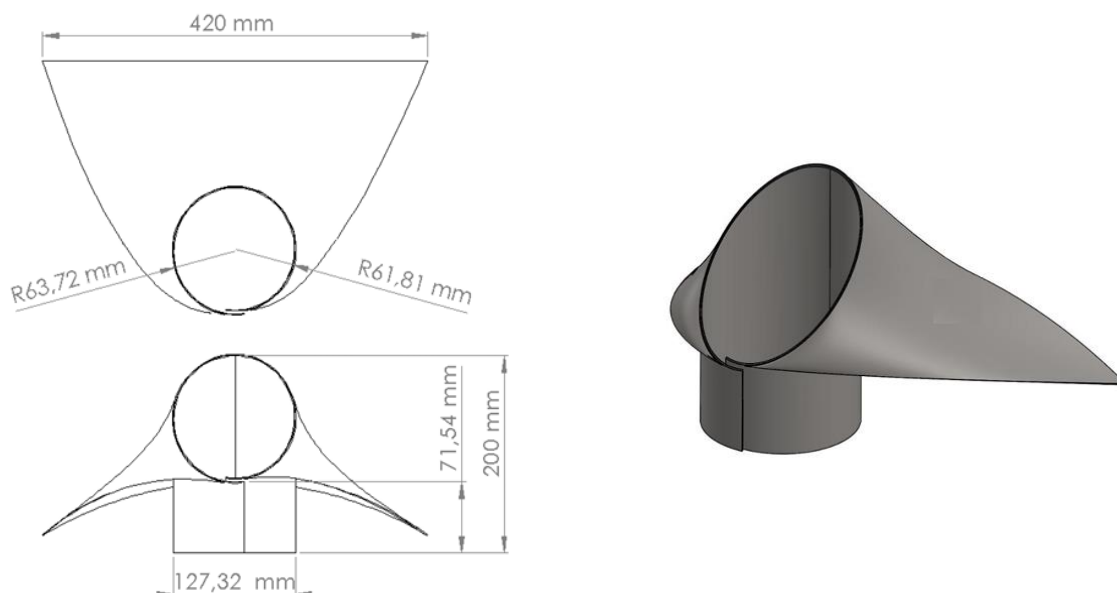


Рисунок 2.4 – Дизайн формуючого коміра

4. Системи герметизації та ущільнення. Ущільнювачі є важливим компонентом у процесі герметизації пакувальної продукції, оскільки він використовується для створення поздовжнього запаювання. Інструмент

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

застосовує тиск і тепло на певній ділянці упаковки та розташовується паралельно формувальній трубці, коли зупиняється рух ущільнювач активується через механізм лінійного приводу, утворюючи вертикальний шов. При проектуванні ущільнювача потрібно враховувати, що він повинен бути вище за формувальний комір, щоб покрити більшу площу. Таким чином, забезпечується подвійне запаювання країв, гарантується, що жодна ділянка пластику не залишиться відкритою, що є важливим для забезпечення цілісності продукту і запобігання протіканню.

Зазвичай існує багато систем, які дозволяють герметизацію пакувального матеріалу, де найбільш поширеними та часто використовуваними є ті, що базуються на електричному опорі як джерелі тепла, а також про ультразвукове та гарячим повітрям. Наприклад, ультразвукова герметизація здійснюється за допомогою вібрацій, які створює ультразвук на молекулах пластику, що підлягає запечатуванню. Вібрації відповідають за створення руху між молекулами матеріалу, які виробляють тепло, що в кінцевому підсумку відповідає за з'єднання пакувального матеріалу. Запаювання імпульсом – це метод, який складається з системи затискачів, яка, у свою чергу, має нагрівач, який вмикається лише на короткий проміжок часу, тобто активується лише для запаювання пластику [16, 23-27]. Запаювання гарячими затискачами вважається найпоширенішим методом, оскільки його використовують у промисловості через легкість управління та впровадження. Ущільнення досягається за комбінованої дії тиску, температури та часу. Метод забезпечує з'єднання пластикових матеріалів за допомогою тиску та подачі тепла, причому температура контролюється протягом усього процесу. Тип запаювання ідеально підходить для пластикових матеріалів, таких як поліетилен. Було проведено аналіз альтернатив, що застосовуються в системах герметизації, які наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Огляд альтернатив для системи ущільнення [4, 5]

Механічне ущільнення за сталої температури (пневматичний циліндр)	Нікеліновим резистором	Ультразвуком
Затиски нагріваються за рахунок тепла, що виділяється електричним опором та здійснюється контроль температури.	У тисках знаходиться нікеліновий резистор, які нагріваються протягом коротких періодів часу, контроль здійснюється залежно від часу та поданої струму.	Застосовуються високочастотні ультразвукові частоти, що дозволяють здійснити герметизацію.
Переваги		
Температура легко контролюється. Термін служби компонентів високий. Запобігає прилипанню до ущільнювача.	Вартість герметизації мінімальна. Її встановлення легке на будь-якому обладнанні.	Система економить енергію та час герметизації. Можна герметизувати всі види термопластів.

Продовження таблиці 2.4

Недоліки		
Виготовлення лещат досить складне.	Покриття тефлоном чутливе до вигорання при високих температурах. Герметизація нерівномірна.	Впровадження системи дороге. Використовує високі рівні напруги та тепла, а установка складна.

Альтернатива один (ущільнення за допомогою пневматичного циліндра) має кращі переваги, бо ущільнення поверхні рівномірне, не потребує короткострокових витратних матеріалів і контроль температури легкий. Запаювання полягає у виконанні періодичного термозапаювання за допомогою дії пневматичного циліндра, які виконують роль силового привода, що забезпечує точне та стабільне притискання поверхонь та контролю температури, що застосовується на щелепах з метою забезпечення герметичного запаювання, запобігаючи витіканню продукту або потраплянню забруднювачів, які можуть на нього вплинути [6, 12, 18]. За допомогою пневматичного циліндра відбувається відкриття затискачів для герметизації, які розташовані на пластинах, які рухаються під дією важелів, які мають деякі шарніри на кінцях для полегшення їх руху.

Вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Ущільнення полягає у з'єднанні внахлест, що досягається за допомогою формуючого горла, а, отже, воно буде працювати разом із системою формування та з механізмом протягання рукава. Система приводиться в дію пневматичним циліндром, який переміщує вертикальний затиск спереду назад, крім того, він містить два підшипники, які допомагають підтримувати та направляти рух. Після того як буде виконано запаювання, активується механізм, який знаходиться в пазу в центрі тиску, що містить лезо і за допомогою електричного або пневматичного приводу воно переміщується на відстань, яка гарантує належне різання.

2.3 Система контролю

Система керування складається з трьох основних компонентів: датчиків, системи керування (елементів) та виконавчих механізмів. Датчики є пристроями, які «збирають інформацію та передають її системі керування», таким чином система керування «розуміє», обробляє інформацію та приймає рішення. У процесі дозування необхідно вимірювати положення певного об'єкта або визначати наявність об'єкта в певному інтервалі відстані. Існують датчики наближення з фізичним контактом та без фізичного контакту.

Датчик – це пристрій, який здатний виявляти фізичні величини, які називаються змінними приладу і перетворювати їх у електричні змінні. Змінні приладу можуть бути, наприклад: температура, інтенсивність світла, відстань, прискорення, нахил, переміщення, тиск, сила, крутий момент, вологість, рН. Електричною величиною може бути електричний опір, електрична ємність (як у датчику вологості), електрична напруга (як у термопарі), електричний струм (як

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

у фототранзисторі) [4-6]. Датчик відрізняється від перетворювача тим, що датчик завжди контактує з вимірюваною величиною і тому можна також сказати, що це пристрій, який використовує одну зі своїх властивостей для того, щоб адаптувати сигнал, який він вимірює, щоб його міг інтерпретувати інший пристрій. Сенсор також можна назвати пристроєм, який перетворює одну форму енергії в іншу.

Індуктивні датчики – це особливий клас датчиків, які використовуються для виявлення металевих феросплавних матеріалів. Вони широко застосовуються в промисловості, як для позиціонування, так і для виявлення наявності або відсутності металевих об'єктів у певному контексті, таким чином можна сказати, що індуктивні датчики використовуються головним чином для контролю наявності або відсутності відфільтрованих елементів. Однією з переваг цих датчиків є те, що вони точні у виконанні своєї роботи, мають справді неймовірну точність, і це головна причина, чому їх так широко використовують у промисловості [10-12]. Існують два типи індуктивних датчиків: екрановані та неекрановані. Екрановані датчики наближення дозволяють зосередити електромагнітне поле перед лицьовою частиною датчика. Конструкція з екрануванням дозволяє монтаж датчика наближення врівень із металом поруч не викликаючи помилкової активації. Датчики без екранування можуть забезпечувати більші відстані виявлення, використовуючи датчик без екранування. Неекрановані датчики наближення потребують вільної зони від металу навколо лицьової частини датчика. Метал, що знаходиться на протилежній стороні безпосередньо від лицьової частини датчика не повинен бути ближче ніж у три рази до умовної відстані виявлення датчика.

Ємнісні датчики наближення схожі на індуктивні, проте головна відмінність між цими двома типами полягає в тому, що ємнісні датчики створюють електростатичне поле замість електромагнітного. Ємнісні датчики наближення виявляють як металеві, так і неметалеві об'єкти [10-12]. Чутлива поверхня ємнісного датчика утворена двома концентричними металевими електродами конденсатора. Коли об'єкт наближається до чутливої поверхні і входить у електростатичне поле електродів, змінюється ємність у колі осцилятора, що змушує генератор почати коливатися. Тригерна схема зчитує амплітуду генератора і коли вона досягає певного рівня, змінюється вихідний каскад датчика. Ємнісні датчики залежать від діелектричної сталої, чим більша діелектрична стала матеріалу, тим легше його виявити. Обрано датчики без фізичного контакту, які підрозділяються на кілька типів, серед яких будуть порівняні основні: індуктивні, ємні та фотоелектричні (табл. 2.5).

Оскільки індуктивний датчик виявляє лише металеві матеріали і його зона дії коротша порівняно з іншими датчиками, можна було б вибрати як ємнісні так і фотоелектричні датчики на різних етапах процесу. У конструкції дозувальної системи необхідно додати оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Огляд датчиків контролю [4-6]

Ємнісний датчик	Індуктивний датчик	Оптико-фотоелектричний датчик
Принцип роботи базується на конденсаторі як активному елементі, який виготовлений із металевих електродів та напіввідкритого металевого екрану. Коли матеріал вводиться у активну зону перед сенсором, ємність конденсатора змінюється. Чутливість можна регулювати за допомогою потенціометра.	Принцип роботи базуються на механізмі електронного комутаційного перемикачання без контакту та механічного кріплення до частини, що їх приводить в дію. Використовуються для виявлення будь-якого феромагнітного об'єкта на певній відстані без потреби контакту. Сенсор випромінює магнітний сигнал.	Фотоелектричні сенсори виявляють об'єкти, зміни умов поверхні та інші об'єкти завдяки різноманітним оптичним властивостям.
Переваги		
Можуть виявляти об'єкти з металу та неметалу. Має високий рівень стабільності при температурі, стійкий до ударів, вібрацій та пилу. Не потребує технічного обслуговування, легко встановити в будь-якому місці.	Не контактують безпосередньо з об'єктом для виявлення. Мають тривалий термін служби і не залежать від кількості виявлень, мають дуже короткий час реакції, нечутливі до пилу або вологості.	Фіксує присутність або відсутність об'єкта, безпосередньо приймаючи світло, відбите від об'єкта. Забезпечують точне виявлення об'єктів без фізичного контакту. Має захисні схеми для джерела живлення.
Недоліки		
Здатність сенсора виявляти об'єкт залежить від розміру та діелектричної сталої об'єкта, а також від його відстані від датчика.	Вони лише виявляють наявність металевих предметів. Можуть зазнавати впливу сильних електромагнітних полів. Діапазон виявлення залежить від розміру сенсора.	Дальність залежить від відбивної здатності об'єкта, який потрібно виявити. Об'єкт, який потрібно виявити, повинен знаходитися на площині ортогональної оптичної осі, щоб досягти оптимальної дальності.

У бункерах подачі фотодатчики можуть контролювати верхній або нижній рівень сировини, щоб вчасно подати сигнал на заповнення. При виборі, які оптичні сенсори можуть бути придатними для здійснення контролю,

вважається за доцільне вибрати один тип сенсора з двох наступних варіантів [6]:

- фотоелектричний бар'єрний сенсор, односторонній;
- фотоелектричний сенсор прямого виявлення з оцінкою об'єкта.

У роботі фотоелектричного бар'єрного сенсора повинен бути передавач і приймач, тобто два сенсори, які розташовані в окремих корпусах і на певній паралельній відстані один від одного. Передавач виконує функцію випромінювання світла безпосередньо на приймач і в той момент, коли об'єкт перериває світловий пучок, сигнал приймача змінює свій стан [6, 11]. З іншого боку, для роботи фотоелектричного сенсора прямого виявлення потрібен сенсор (передавач) і чорний картон (приймач), наприклад, який слугує фоном на певній паралельній відстані. Передавач випромінює світло безпосередньо на приймач, і в цьому випадку передавач зберігає відстань до приймача, а також інтенсивність світла, яке відбиває приймач. Якщо ці параметри, що були збережені раніше, стануть різними, сигнал передавача змінює свій стан.

Датчик може краще адаптуватися, коли працюватимуть з напівтвердою сировиною, оскільки цей тип продуктів здебільшого залишає стінки попередньо завантажувальної трубки покритими залишками, які не дозволяють добре бачити і цей датчик може налаштовуватися для виявлення маси сировини навіть за таких умов [11]. Датчик потрібно налаштовувати кожного разу, коли дозується сировина з різними характеристиками з метою, щоб машина була практично автономною і не потребувала оператора. Бар'єрний датчик виконує свою функцію, коли йдеться про напівтверді в'язкі продукти, які не залишають слідів на стінках завантажувального бункера. Натомість, коли мова йде про дуже в'язкі продукти то він не може виконувати свою функцію так само і для цього потрібен оператор, який контролюватиме рівень у завантажувальній трубці та роботу транспортера. Вважається за доцільне обрати односторонній фотоелектричний бар'єрний датчик, який краще відповідає потребам машини.

Також пропонується застосувати інфрачервоний датчик – це датчик функція якого полягає у виявленні наявного рівня продукту в кожному бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний. Кожен бункер має два індикатори – зелений і червоний, зелений загоряється поки в бункері є сировина, а якщо їх немає, загоряється червоне світло, що вказує на необхідність повторного завантаження бункера. Лапочки будуть вказувати на наявність або відсутність продукту в бункері, якщо бункер завантажений, засвітиться зелена лампочка, якщо ж бункер починає спорожнюватися, засвітиться червона лампа.

Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

- оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;
- інфрачервоний датчик для виявленні наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний: лапочки будуть вказувати на наявність або відсутність продукту в

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

бункері (якщо бункер завантажений, засвітиться зелена лампочка, якщо ж бункер починає спорожнюватися, засвітиться червона лампа);

– за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

2.4 Електромеханічна система

В епоху автоматизації та енергоефективності електродвигуни відіграють ключову роль у широкому спектрі промислових застосувань і є основою сучасної промисловості. Електродвигуни перетворюють електричну енергію на механічну, що дозволяє працювати широкому спектру обладнання. Конструкція залежить від типу застосування та конкретних вимог до продуктивності. Електродвигуни є необхідними для ефективної та результативної роботи сучасної промисловості [22]. Завдяки різноманіттю типів і застосувань вони пропонують рішення, адаптовані до різних промислових потреб. Перевагами промислових електродвигунів є енергоефективність, низький рівень обслуговування та довговічність. Для розробки електричного виконавчого механізму необхідно знати різні типи електричних двигунів та їх характеристики. Різні типи двигунів наступні [11]:

Універсальні двигуни – двигуни, які можуть живитися двома способами: від постійного та від змінного струму. Вони часто використовуються для тих машин, які потребують достатньої швидкості при малих потужностях. Тип двигунів застосовується у простих пристроях, що не працюють безперервно, оскільки їх конструкція не витримує тривалих періодів роботи.

– двигуни змінного струму є одними з найпопулярніших та економічних варіантів. Можна виділити однофазні двигуни, які живляться від однофазного струму 230 В. Використовуються, коли потрібна невелика потужність (менша потужністю 3 кВт). Їх основним недоліком є відсутність стартера. Можна розрізняти синхронні (постійна швидкість) та асинхронні (змінна швидкість). Трифазні двигуни: живляться трифазним струмом 430В. Вони більш поширені в промисловій сфері, а у порівнянні з однофазними двигунами їх можна запускати без пускового пристрою;

– двигуни постійного струму – це тип двигунів зношується більше, ніж двигуни змінного струму але краще контролює швидкість, регулюючись через опір у індукторі. Також можливо змінювати напрямок обертання. Можна розрізняти двигуни з щітками або безщіткові двигуни. При наявності щіток двигун зношується та вібрує менше, а головним недоліком цих двигунів є мала точність при запуску та зупинці двигуна.

Кроковий двигун на відміну від двигунів постійного струму живлять (збуджують) індуктор через зовнішнє джерело живлення. Таким чином, точність запуску та зупинки двигуна є більшою лише змінюючи та контролюючи струм збудження індуктора можна змінювати його швидкість. Електромагнітні пристрої перетворюють цифрові імпульси в обертальний механічний рух. Обертання пропорційне кількості викликаних імпульсів, тоді як швидкість обертання пов'язана з частотою цих імпульсів. В остаточному підсумку імпульси визначаються певним кутом, який живиться програмованим

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроєм. Крокові двигуни дуже рекомендовані, коли інерція системи обмежена, тобто коли час прискорення і гальмування не є тривалим. Можна сказати в загальних рисах, що цей тип двигунів зазвичай застосовують там, де точність переміщень має велике значення.

Сервомотори є кроковими моторами але з інтегрованою електронною системою управління, що дозволяє контролювати положення та рух досягаючи керування обертанням з точною градусною мірою. На даний час вони зазвичай не дуже використовуються на промисловому рівні через високу ціну, але дедалі більше починають продаватися.

Мотор-редуктори – це механізми, які регулюють швидкість електричних двигунів обмежуючи темп з яким вони повинні працювати. Складаються з серії шестерень, які утворюють кінематичний ланцюг і які встановлені на обертових валах. Головна роль, яку вони виконують полягає в зменшенні початкової швидкості, яка є високою. Крім цієї функції, редуктор також займається адаптацією механічної потужності системи. Для того, щоб вибрати відповідну електромеханічну систему, було проаналізовано типи двигунів, що застосовуються в харчовій промисловості (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Огляд типів двигунів [22]

Тип двигуна	Застосування
Індукційні двигуни (асинхронні) є найпоширеніші в промислових застосуваннях завдяки своїй простоті та довговічності. Працюють без необхідності прямого електричного з'єднання між ротором і статором.	Компресори, вентилятори, насоси, конвеєри та обладнання для обробки.
Синхронні двигуни працюють на постійній швидкості незалежно від навантаження, завдяки синхронізації магнітного поля статора і ротора.	Електрогенератори, обладнання, де потрібна постійна швидкість.
Двигуни постійного струму забезпечують точний контроль швидкості та крутного моменту, що робить їх ідеальними для застосувань, які потребують змін швидкості.	Конвеєрні стрічки та машини, де контроль швидкості є критично важливим.
Крокові двигуни рухаються окремими кроками, що дозволяє точно контролювати положення без необхідності системи зворотного зв'язку.	Робототехніка та автоматизоване обладнання.
Серводвигуни забезпечують дуже точне керування положенням, швидкістю та прискоренням через системи зворотного зв'язку.	Передові автоматизовані системи.

Для керування механізмами машини необхідно використовувати різні виконавчі пристрої. Кожна з цих систем потребує точності, переміщення лінійних механізмів на визначені відстані та простого контролю швидкості. Двигуни постійного струму не мають вбудованого точного контролю позиції, а

серводвигуни мають обмежений діапазон руху та мають високу вартість при великих моментах. Тому всі вибрані двигуни будуть крокові, які потребують драйвера для їхнього керування. Щоб вибрати двигун спочатку визначимо крутний момент, який забезпечуватиме обертання [14, 17]

$$T = F * d$$

де T – крутний момент;

F – сила;

d – відстань.

$$F = m * g$$

$$F = 1.9 \text{ Kg} * 9.8$$

$$F = 18,62 \text{ N}$$

$$T = 18,62 \text{ N} * 0.13 \text{ m}$$

$$T = 2,42 \text{ Nm} = 24.68 \text{ Kg.cm}$$

Потужність двигуна залежить від крутного моменту та швидкості обертання

$$P = 2.42 \text{ Nm} * 6.16 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 14.91$$

Точність запуску та зупинки двигуна є більшою лише змінюючи та контролюючи струм збудження індуктора можна змінювати його швидкість. Електромагнітні пристрої перетворюють цифрові імпульси в обертальний механічний рух. Обертання пропорційне кількості викликаних імпульсів, тоді як швидкість обертання пов'язана з частотою цих імпульсів. В остаточному підсумку імпульси визначаються певним кутом, який живиться програмованим пристроєм. Обрано драйвер DRV8825 для отримання більшої кількості захистів, здатність забезпечувати 2A для моторів та наявність регулювання максимальної сили струму. Плата для підключення та керування кроковими двофазними моторами з мікрокроками має регульоване обмеження струму, захист від підвищеної температури через високі струми, а також мікрокрокові роздільності до 1/32.

Запропоновано оптимізоване дозувально-пакувальне обладнання для дрібних шоколадних цукерок. Система обрана об'ємного типу і складається з мірних циліндрів об'ємом 200 г для подальшого пакування. Дозувальна машина підходить для невеликої та середньої за розміром сировини, що вільно переміщується та складається з чотирьох станцій з відповідними бункерами для завантаження продукту, станції можна активувати окремо або одночасно, без необхідної залежності однієї від іншої. Заповнення здійснюється за допомогою контролю об'ємних стаканів, які живляться гравітаційно з бункерів, де продукт тече в циліндр, а вміст стакану потім підлягає дозуванню у пакети для наповнення.

На основі вище зазначеного можна вважати, що об'ємне дозування – це системи, які не вимірюють масу, а працюють на основі об'єму, саме з цієї

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

причини їх слід калібрувати перед кожним використанням. Дозувальна машина буде встановлена зверху вертикальної машини для пакування, така адаптивність дозволить інтегрувати систему в існуючі виробничі лінії для автоматизації процесу дозування. Здійснено огляд існуючих систем дозування, герметизації та формування з метою визначення та вибору відповідних характеристик для кожної системи.

Для системи дозування запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму, оскільки об'єм продукту може змінюватися з різних причин (вологість, стискання) за допомогою різьби контролюватиметься об'єм дозуючого циліндра відповідно до потреби. При обертанні диску за необхідності може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні за допомогою мірних циліндрів, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

Для системи формування пакетів для наповнення запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Тому вважається за доцільне модифікувати формувальний елемент, що полягає в наступному:

- по-перше, формуючий елемент виконати у формі круглої шийки;
- по-друге, трохи витягну та заокруглити вузол на краю формуючого коміра для того, щоб коли плівка проходила в формуючу трубку то вона плавно прилягала до вузла не спричиняючи деформації пакувального матеріалу.

Для системи пакування вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Ущільнення полягає у з'єднанні внахлест, що досягається за допомогою формуючого горла, а, отже, воно буде працювати разом із системою формування та з механізмом протягання рукава. Система приводиться в дію пневматичним циліндром, який переміщує вертикальний затиск спереду назад, крім того, він містить два підшипники, які допомагають підтримувати та направляти рух.

Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

- оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;
- інфрачервоний датчик для виявленні наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний: лапочки будуть вказувати на наявність або відсутність продукту в бункері (якщо бункер завантажений, засвітиться зелена лампочка, якщо ж бункер починає спорожнюватися, засвітиться червона лампа);
- за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Оптимізація дозувально-пакувального обладнання

Об'ємне дозування – це системи, які не вимірюють масу, а працюють на основі об'єму, саме з цієї причини їх слід калібрувати перед кожним використанням. У роботі здійснено огляд існуючих систем дозування та пакування з метою визначення та вибору відповідних компонентів системи. Після оцінки різних альтернатив обрано відповідні компоненти для кожної з систем, що складають машину, включаючи систему дозування, герметизації та формування. Запропоновано оптимізоване дозувальне-пакувальне обладнання для дрібних шоколадних цукерок. Система обрана об'ємного типу і складається з мірних циліндрів об'ємом 200 г для подальшого пакування. Дозувальна машина підходить для невеликої та середньої за розміром сировини, що вільно переміщується та складається з чотирьох станцій з відповідними бункерами для завантаження продукту, станції можна активувати окремо або одночасно, без необхідної залежності однієї від іншої. Заповнення здійснюється за допомогою контролю об'ємних стаканів, які живляться гравітаційно з бункерів, де продукт тече в циліндр, а вміст стаканів потім підлягає дозуванню у пакети для наповнення.

Запропоновано оптимізоване дозувально-пакувальне обладнання для дрібних шоколадних цукерок. Обладнання містить такі підсистеми:

- систему подачі, яка відповідає за зберігання та переміщення продукту до наступного етапу процесу;
- систему дозування, яка відповідає за дозування продукту як за масою так і за об'ємом, забезпечуючи досягнення бажаного значення;
- систему формування упаковки, що відповідає за надання матеріалу відповідної форми у якій буде упаковано продукт;
- систему герметизації, яка відповідає за герметичне запаювання вже дозованого продукту;
- система контролю, що відповідає за контроль та виявлення погіршень у процесі роботи дозувально-пакувального обладнання.

Альтернативи підсистем дозувально-пакувального обладнання наведено в таблиці 3.1.

Для системи подачі обрано конічний бункер, що забезпечує масовий потік, яких уможливилося в будь-якій точці всередині резервуара матеріал перебуватиме в русі. Тобто існує потік збереженої сировини вздовж вертикальних стінок резервуара та стінок воронки, що утворює бункер.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Ярошенко			Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Цвіркун								42	3
Н. Контр.		Омельченко			ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО						
Затверд.		Цвіркун									

Таблиця 3.1 – Альтернативи підсистем дозувально-пакувального обладнання

Підсистеми	Альтернативний вибір
Система подачі	Конічний бункер
	Клиновидний бункер
	Пірамідальний бункер
Система дозування	Дозування за допомогою мірних чашок
	Дозування за вагою
	Поршневе дозування
Система формування	Круглий формувач
	Прямокутний формувач
Система герметизації	Механічне ущільнення за сталої температури (пневматичний циліндр)
	Нікеліновим резистором
	Ультразвуком
Система контролю	Ємнісний датчик
	Індуктивний датчик
	Оптико-фотоелектричний датчик

Для системи дозування запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму, оскільки об'єм продукту може змінюватися з різних причин (вологість, стискання) за допомогою різьби контролюватиметься об'єм дозуючого циліндра відповідно до потреби. При обертанні диску за необхідності може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні за допомогою мірних циліндрів, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

Для системи формування пакетів для наповнення запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Тому вважається за доцільне модифікувати формувальне елемент, що полягає в наступному:

- по-перше, формуючий елемент виконати у формі круглої шийки;

- по-друге, трохи витягну та заокруглити вузол на краю формуючого коміра для того, щоб коли плівка проходила в формуючу трубку то вона плавно прилягала до вузла не спричиняючи деформації пакувального матеріалу.

Для системи пакування вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Ущільнення полягає у з'єднанні внахлест, що досягається за допомогою формуючого горла, а, отже, воно буде працювати разом із системою формування та з механізмом протягання рукава. Система приводиться в дію пневматичним циліндром, який переміщує вертикальний затиск спереду назад, крім того, він містить два підшипники, які допомагають підтримувати та направляти рух.

Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

- оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;

- інфрачервоний датчик для виявленні наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний: лампочки будуть вказувати на наявність або відсутність продукту в бункері (якщо бункер завантажений, засвітиться зелена лампочка, якщо ж бункер починає спорожнюватися, засвітиться червона лампа);

- за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

Процес пакування починається із запуску машини, що включає точну роботу крокових двигунів дозатора та пневматичних виконавчих механізмів ущільнювача. Вмикаються терморегулятори, щоб забезпечити підтримання ущільнення на оболонці відповідної температури протягом усього процесу. Як тільки машина починає працювати, продукт вводиться в систему дозування. Сировина проходить через об'ємні циліндри, щоб потім бути відправленою у вже попередньо сформовану оболонку для подальшої герметизації. За допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначається положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту. Процес повторюється для кожної наступної пакувальної оболонки.

На основі вище зазначеного можна вважати, що дозувальні системи – це системи, що використовуються для зважування та вимірювання кількостей матеріалу або продукту, щоб мати змогу оптимізувати виробництво та якість продукту, призначені для обробки готової продукції або сировини. Обладнання, яке зазвичай використовується на виробничих лініях і функціонує для безперервного постачання точної кількості матеріалів, необхідних для виготовлення продукту, що дозволяє оптимізувати ресурси

Запропоновано оптимізоване дозувально-пакувальне обладнання для дрібних шоколадних цукерок. Обладнання містить такі підсистеми:

- систему подачі, яка відповідає за зберігання та переміщення продукту до наступного етапу процесу;

- систему дозування, яка відповідає за дозування продукту як за масою так і за об'ємом, забезпечуючи досягнення бажаного значення;

- систему формування упаковки, що відповідає за надання матеріалу відповідної форми у якій буде упаковано продукт;

- систему герметизації, яка відповідає за герметичне запаювання вже дозованого продукту;

- система контролю, що відповідає за контроль та виявлення погрешностей у процесі роботи дозувально-пакувального обладнання.

Кожна із запропонованих підсистем дозувально-пакувальне обладнання забезпечує точне дозування та подальше пакування дрібних шоколадних цукерок по 200 г.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів. У роботі зазначено, що на сьогодні обладнання, яке дозволяє покращити виробничі процеси є життєво важливим в харчовій промисловості. Саме тому дозуючі машини для харчової сировини, що призначені для розподілу продукту та наповнення упаковок або пакетів у точних кількостях мають надзвичайне значення. Також характеристики продукту, що потрібно дозувати у багатьох випадках визначають тип дозатора, який потрібно використовувати, залежно від ступеня точності вимірювання, умов навколишнього середовища та процесу дозування.

У першому розділі здійснено аналіз обладнання для дозування та пакування сипкої сировини. Зазначено, що дозувальні системи – це обладнання, яке використовуються для зважування та вимірювання кількостей продукту та є невід'ємною частиною виробничої лінії, функцією якого є швидке забезпечення або подача необхідної кількості сировини для здійснення необхідного процесу.

Аналіз наукових джерел дав змогу визначити, що у харчовій промисловості існують різні системи дозування, залежно від продукту, який необхідно дозувати. Серед основних систем дозування виділяють дві групи дозаторів: об'ємні та вагові. Об'ємне дозування – це метод при якому використовуються визначений об'єм для вимірювання кількості продукту на одиницю упаковки. Найпоширенішими об'ємними системами є шнекові дозатори, обертові дозатори, дозатори з пневматичним поршнем. Вагові або гравіметричні дозатори працюють виключно залежно від ваги, тому вони оснащені тензометричними датчиками, а в гравіметричних системах легко компенсувати можливі відхилення питомої щільності. Процес пакування здійснюється після того, як продукт потрапляє до наповнювальної системи та підпорядковується різним механізмам, що існують у промисловості, з-поміж яких можна виокремити: вертикальні та горизонтальні пакувальні машини та машини комбінованого запаювання.

Другий розділ присвячено проєктуванню підсистем дозувально-пакувального обладнання для дрібних шоколадних цукерок. Здійснено огляд існуючих систем дозування, герметизації та формування з метою визначення та вибору відповідних характеристик для кожної підсистеми. Кожна із запропонованих підсистем дозувально-пакувальне обладнання забезпечує точне дозування та подальше пакування дрібних шоколадних цукерок по 200 г.

Для системи дозування запропоновано, щоб дозувальні циліндри склалися з двох частин, які будуть з'єднанні за допомогою різьбового з'єднання для контролю об'єму, оскільки об'єм продукту може змінюватися з різних причин (вологість, стискання) за допомогою різьби контролюватиметься об'єм дозуючого циліндра відповідно до потреби. При обертанні диску за

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Ярошенко			Удосконалення об'ємної дозувальної машини для виробництва кондитерських виробів			Літ.		Арк.		Аркуші	
Перевір.		Цвіркун								45		2	
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО					
Н. Контр.		Омельченко											
Затверд.		Цвіркун											

необхідності може відбуватися зменшення або збільшення висоти дозуючого циліндра. Така конструкція циліндрів забезпечить вирішення однієї з проблем, що виникають при об'ємному дозуванні за допомогою мірних циліндрів, а саме ручне калібрувати перед кожним використанням.

Для системи формування пакетів для наповнення запропоновано формуючий елемент виконати у формі круглої шийки, що забезпечить можливість матеріалу з якого формується пакет для наповнення проходити без утворення зморшок та неприпустимих деформацій. Тому вважається за доцільне модифікувати формувальний елемент, що полягає в наступному:

- по-перше, формуючий елемент виконати у формі круглої шийки;
- по-друге, трохи витягну та заокруглити вузол на краю формуючого коміра для того, щоб коли плівка проходила в формуючу трубку то вона плавно прилягала до вузла не спричиняючи деформації пакувального матеріалу.

Для системи пакування вважається за доцільне здійснювати активацію пневматичних циліндрів при ущільненні за допомогою електромагнітних клапанів, які здатні утримувати своє положення без постійного сигналу керування. Ущільнення полягає у з'єднанні внахлест, що досягається за допомогою формуючого горла, а, отже, воно буде працювати разом із системою формування та з механізмом протягання рукава. Система приводиться в дію пневматичним циліндром, який переміщує вертикальний затиск.

Вважається за доцільне в системі дозування та пакування встановити наступні датчики:

- оптичні датчики, а саме фотоелектричні датчики для виявлення чи встановлено пакет під соплом дозатора, якщо тара для заповнення буде відсутня датчик блокуватиме подачу продукту, щоб запобігти втратам;
- інфрачервоний датчик для виявлення наявного рівня продукту у бункері за допомогою двох сигнальних ламп, які вказуватимуть чи бункер порожній або повний: лампочки будуть вказувати на наявність або відсутність продукту в бункері (якщо бункер завантажений засвітиться зелена лампочка, якщо ж бункер починає спорожнюватися засвітиться червона лампа);
- за допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначатиметься положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту.

Дозувальна машина буде встановлена зверху вертикальної машини для пакування, така адаптивність дозволить інтегрувати систему в виробничу лінію. Процес пакування починається із запуску машини, що включає точну роботу крокових двигунів дозатора та пневматичних виконавчих механізмів ущільнювача. Вмикаються терморегулятори, щоб забезпечити підтримання ущільнення на оболонці відповідної температури протягом усього процесу. Як тільки машина починає працювати, продукт вводиться в систему дозування. Сировина проходить через об'ємні циліндри, а далі вже попередньо сформовану оболонку для подальшої герметизації. За допомогою датчиків у пневматичних циліндрах визначається положення захватів, які здійснюють герметизацію, синхронізуючись з дозуванням, щоб уникнути застрягання продукту. Процес повторюється для кожної наступної пакувальної оболонки.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Класифікація пристроїв дозування. Режим доступу: <https://msd.com.ua/pakuvalne-obladnannya/klasifikaciya-pristrojiv-dozuvannya/>.
2. Дозувальне обладнання. Режим доступу: <https://clm.ua/category/doziruyushchee-oborudovanie/>.
3. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2010. 720 с.
4. Diseño de una máquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queques. URL: <https://repositorio.unas.edu.pe/items/09723ee3-4a52-4311-9431-57353544edc0/full>.
5. Diseño y simulación de un prototipo de una máquina dosificadora automática con capacidad de 10 kg para el empaquetado de chocolates. URL: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19301>.
6. Diseño y construcción de una dosificadora y empacadora semiautomática para snacks con una capacidad de 1000 cm³. URL: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24643>.
7. Конструкція пневматичного циліндра – пневмоциліндри односторонньої та двосторонньої дії. Режим доступу: <https://spc.com.ua/blogs/pneumatic-cylinders/the-construction-of-a-one-way-and-two-way-pneumatic-cylinder>.
8. Пневматичні циліндри: принцип роботи та застосування. Режим доступу: <https://mybud.com.ua/news/0/4949>.
9. Черевко О.І., Поперечний А.М. Процеси і апарати харчових виробництв. Х.: Світ Книг, 2015. 496 с.
10. Diseño de un sistema de dosificación de materias primas para la compañía de ingeniería y mantenimiento. URL: <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/f46c1e12-cfa0-4737-bf4b-adfc7b233d42/content>.
11. Diseño de una maquina de alimentación, dosificadora de alimentos semisólidos. URL: [file:///C:/Users/admin/Downloads/Salmeron%20-%20Diseno%20de%20una%20maquina%20de%20alimentacion%20dosificadora%20de%20alimentos%20semisolidos%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/Salmeron%20-%20Diseno%20de%20una%20maquina%20de%20alimentacion%20dosificadora%20de%20alimentos%20semisolidos%20(2).pdf).
12. Diseño y construcción de un equipo didáctico de dosificación automatizada de granos pequeños para el laboratorio de la universidad politécnica salesiana. URL: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3781/7/UPS%20-%20ST004875.pdf>.
13. Процеси і апарати харчових виробництв / За редакцією А.М. Поперечного. К. Центр учбової літератури. 2007. 301 с.
14. Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій. К.: Центр учбової літератури. 2008. 392 с.
15. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.
16. Volumetric cup filling machines: efficient solutions for free-flowing dry products. URL: <https://syndapack.com/what-is-a-volumetric-cup-filling-machine>.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

17. Diseño y construcción de una dosificadora automática de granos secos. URL: <https://repositorio.ute.edu.ec/entities/publication/59095893-2826-4008-9cc3-35b0bcdec4cf>.

18. Diseño y construcción de una máquina automatizada para empacar y sellar paquetes de mora de hasta 500 gramos. URL: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15120/2021_tesis_javier_andres_molano_diaz.pdf?sequence=1.

19. Особливості пакування продуктів харчування. Режим доступу: <https://packon.com.ua/osoblyvosti-pakuvannya-produktiv-harchuvannya/>.

20. Методи пакування харчових продуктів. Режим доступу: <https://ua.cnpozi.com/info/what-are-the-5-methods-of-food-packaging--90354444.html>.

21. Горизонтальні пакувальні машини. Режим доступу: <https://rps.com.ua/product-category/horyzontalni-pakuvalni-mashyny/>.

22. Descripción general de los motores eléctricos, tipos y sus aplicaciones. URL: <https://instema.com/2024/06/26/>.

23. Вертикальні пакувальні машини. Режим доступу: <https://clm.ua/category/vertikalnye-upakovochnye-mashiny/>.

24. Герметична упаковка. Режим доступу: <https://balenko.com/sho-take-germetichna-upakovka/>.

26. Зварювач пакетів – надійний спосіб герметизації упаковок. Режим доступу: <https://m-cg.com.ua/zvaryuvach-paketiv-nadijnyj-sposib-germetyzacziyi-upakovok/>.

27. Принцип роботи вертикальної пакувальної машини. Режим доступу: <https://www.pack-machinery.com/uk/news/working-principle-of-vertical-packaging-machine/>.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48