

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан факультету)  
Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину

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

Якимчук Петро Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник доцент Погорілий Тарас Михайлович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Якимчука Петра Михайловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину

керівник проекту (роботи) Погорілий Тарас Михайлович, доцент, канд.техн.наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» жовтня 2024 р. № 859-кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2024р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел.

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

Загальний вигляд обладнання – 3 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші;

Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш,

Наукова частина – 2 аркуші.

**6. Консультанти розділів роботи**

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

7. Дата видачі завдання: 02.10.2024 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>	10.10.2024	
2	<i>Вступ</i>	15.10.2024	
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>	20.10.2024	
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	30.10.2024	
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	06.11.2024	
6	<i>Розрахункова частина</i>	12.11.2024	
7	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	15.11.2024	
8	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	20.11.2024	
9	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	23.11.2024	
10	<i>Висновки</i>	29.11.2024	
11	<i>Список використаних джерел</i>	29.11.2024	
12	<i>Графічна частина: 10 аркушів формату А1</i>	30.11.2024	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.12.2024	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Якимчук П.М.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Погорілий Т.М.**

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості машини для пакування в'язких та пластичних харчових продуктів набувають всебічного застосування. Незалежно від конструкції машини, основним типовим модулем є модуль дозування. Типовою конструкцією такого дозування продукції на машині є поршневий дозатор. Основною перевагою такої конструкції є її функціональність, яка дає можливість фасувати продукти з значною в'язкістю та продукти із твердими включеннями. Серед основних недоліків такого типу дозаторів можна виділити складність забезпечення точності дозування та великий час на переналагодження при зміні величини дози.

**Метою роботи є:** модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину.

### Поставлені задачі:

- Провести аналіз існуючих наукових джерел та конструкцій дозаторів для в'язких та пластичних продуктів.
- Запропонувати нову конструкцію дозуючого пристрою для в'язких продуктів та розробити методологію розрахунку його елементів.
- Провести аналітичні дослідження роботи запропонованого дозуючого пристрою для визначення основних кінематичних та динамічних характеристик.

**Об'єкт дослідження** - взаємозв'язки між конструктивними та динамічними параметрами механізмів та пристроїв машини для пакування сиркової маси .

Структура і обсяг магістерської роботи містить: вступ, основні чотири розділи, узагальнені висновки, список використаних літературних джерел.

**Ключові слова:** дозатор, пневмопривод, харчова промисловість, функціональний модуль, пакування, сиркова маса.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Реферат</b>	<b>230614.КР.12.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

## Abstract

At the current stage of development of the food industry, machines for packaging viscous and plastic food products are gaining comprehensive application. Regardless of the design of the machine, the main typical module is the dosing module. The top design of such product dosing on the machine is a piston doser. The main advantage of such a design is its functionality, which makes it possible to pack products with significant viscosity and products with solid inclusions. Among the main disadvantages of this type of dosers, one can single out the difficulty of ensuring dosing accuracy and a long time for readjustment when changing the dose size.

**The purpose of the work is:** modernization of a machine for packaging cottage cheese mass with raisins with a productivity of 90 packages per minute.

**The tasks set:**

- o To analyze existing scientific sources and designs of dosers for viscous and plastic products.
- o To propose a new design of a dosing device for viscous products and to develop a methodology for calculating its elements.
- o Conduct analytical studies of the operation of the proposed dosing device to determine the main kinematic and dynamic characteristics.

**The object of the study** is the relationship between the structural and dynamic parameters of the mechanisms and devices of the machine for packaging curd mass.

The structure and scope of the master's thesis includes: introduction, four main sections, generalized conclusions, a list of used literature sources.

**Keywords:** dosing device, pneumatic drive, food industry, functional module, packaging, curd mass.

## Зміст

Реферат.....	
Зміст.....	
Вступ .....	
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження .....	
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження .....	
3. Дослідна частина та узагальнення результатів .....	
4. Розрахункова частина.....	
5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування ....	
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля .....	
7. Маркетингове обґрунтування проекту .....	
Висновки .....	
Список використаних джерел.....	

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Зміст</b>	<b>230614.КР.12.000 ПЗ</b>		
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>
					Аркуш

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості машини для пакування в'язких та пластичних харчових продуктів набувають всебічного застосування.

Це зумовлено зростаючим асортиментом пакованої продукції, появою нових пакувальних матеріалів та видів упаковки, що, у свою чергу, викликає необхідність у структурному удосконаленні пакувальних машин для адаптації їх під стрімко зростаючі вимоги виробництва.

Пакувальні машини функціонального призначення відносять до багатопозиційних технологічних машин. Їх структура формується на основі модульного принципу, як методу побудови різних технічних систем з різноманітними характеристиками шляхом комбонування їх з типових модулів визначеним чином для створення матеріальних (передача виробів), енергетичних (привод рухомих елементів) та інформаційних (контроль і управління роботою) зв'язків між ними.

На сьогодні найбільш актуальною для пакування в'язких та пластичних харчових продуктів є м'яка та напівжорстка тара, виготовлена з різноманітних полімерних матеріалів. Напівжорстка тара дає можливість виготовляти харчові продукти з доданими до них різноманітними смаковими наповнювачами (натуральними ягодами, фруктами тощо).

Технологічний процес пакування на існуючих зразках фасувально-пакувального обладнання передбачає отримання пакованого продукту одним з двох способів, а саме:

- продукт дозується у попередньо виготовлену готову тару, що подається до обладнання;
- технологічний цикл починається з виготовлення тари та закінчується закупорюванням пакувальної одиниці.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Вступ</b>	<b>230614.КР.12.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

При цьому застосовуються рулонні пакувальні матеріали як для тари, так і для закупорювального засобу.

Незалежно від конструкції машини, основним типовим модулем є модуль дозування. Головною конструкцією такого дозування продукції на машині є поршневий дозатор. Основною перевагою такої конструкції є її функціональність, яка дає можливість фасувати продукти з значною в'язкістю та продукти із твердими включеннями. При потребі додавати в продукт, що фасується, наповнювач на обладнання встановлюється другий дозатор. Здебільшого обладнання цього типу комплектується пневмоприводом.

Слід також зазначити, що асортимент в'язких харчових продуктів постійно розширюється, виробникам пакувальної техніки потрібно впроваджувати нові конструкції і технології фасування.

Проведений аналіз конструкцій існуючих дозаторів для фасування в'язких харчових продуктів та літературний огляді методик їх розрахунку дозволив визначити їх переваги та недоліки. Серед основних недоліків можна виділити складність щодо точності дозування та великий час на переналагодження при зміні величини дози. Тому потреба в розробці та дослідженні нових конструктивних схем дозуючих пристроїв є наразі дуже актуальною.

**Метою роботи є:** модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину.

**Об'єкт дослідження** - взаємозв'язки між конструктивними та динамічними параметрами механізмів та пристроїв машини для пакування сиркової маси .

**Предметом дослідження** – механізм дозування сиркової маси.

**Наукова новизна роботи:**

- ✓ запропонована нова конструкція дозуючого пристрою для в'язких продуктів та розроблена методологія розрахунку його елементів;
- ✓ проведено аналітичне дослідження та встановлено характер залежності систематичної похибки дозування від точності виготовлення елементів дозатора за різних мас дози продукту.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Літературний огляд обладнання для дозування в'язких продуктів

Інтерес до процесів точного дозування рідин і титрування з'явився у 40-50-х роках ХХ століття, хоча перші прилади для мікродозування були запропоновані ще в 1914 році Зігелем і отримали подальший розвиток в установках Хікмана і Санфорда у 1933 році. Рішенням проблем підвищення ефективності, тобто точності та швидкодії різних дозаторів, присвячені роботи М.В. Соколова, А.Л. Гуревича, Віденеєва, В.Г. Цейтліна та інших. У працях таких закордонних і російських учених, як С.Л. Цифанський, В.І. Бересневич, Я.А. Віб, І.І. Блехман, Р.Ф. Ганієв, Д.М. Діментберг, К.В. Фролов, Я.Г. Пановко, Г.Я. Пановко, С.Ф. Яцун та ряду інших авторів представлені результати досліджень динамічних систем і нелінійних ефектів, що виникають у різних коливальних системах.

Дослідженням динаміки різних пристроїв з пнеуматичним та електромагнітним приводами присвячені роботи таких авторів, як Р.А. Агромянц, Е.Г. Гудушаурі, М.А. Любчик, В.А. Повидайло, Н.П. Ряшенцев, А.І. Смеягін, М.В. Хвінгія, К.Ш. Ходжаєв та багатьох інших. У цих роботах розроблені математичні моделі приводів різних конструктивних виконань, проведено порівняння експериментальних даних і теоретичних розрахунків, яке показало хорошу збіжність, що дозволяє застосовувати розроблені математичні моделі приводів при дослідженні динаміки таких параметрів, як швидкість і прискорення руху виконавчого пристрою, які можуть бути значними та впливати на точність і стабільність дозування.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження</b>	<b>230614.КР.12.001 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

Ці роботи лягли в основу побудови математичного апарату, що використовується при проектуванні сучасних дозаторів

## **1.2 Аналіз обладнання для дозування в'язких продуктів**

Існуючі машини і пристрої для фасування пластичних або в'язких харчових продуктів, займають важливе місце серед інших машин автоматичних ліній пакування, що широко використовуються в харчовій промисловості.

Напіврідка і пластична продукція пакується у різні види і типи споживчої тари: скляні та полімерні банки, пляшки; полімерні пакети; упаковки із комбінованих пакувальних матеріалів та ін.. Незважаючи на великий асортимент споживчої тари і упаковки, у конструктивних виконаннях пристроїв дозування і фасування є подібні технічні рішення. Тому при створенні нового дозуючого пристрою доцільно проаналізувати існуючі машини, їх характерні схеми. Це дозволить більш ефективно використати закордонний і вітчизняний досвід, уникнути похибок. Застосування і пошук шляхів вдосконалення існуючого і розробки нового обладнання доцільно розглянути на основі сучасної класифікації обладнання такого призначення.

За видом сировини та готової продукції фасувальні машини для харчових продуктів в'язкої консистенції, можна назвати «масово - штучними», оскільки вихідною сировиною є маса продукту, яка в процесі обробки, дозується, формується за допомогою форми упаковки і, отримавши товарний вигляд, виходить з машини поштучно. Такі машини включають в себе робочі органи як є безперервної так і періодичної дії.

За ознакою переміщення об'єктів відносно робочих органів машини такого типу можна умовно поділити на чотири класи. 1 клас – однопозиційні машини, в яких об'єкт в процесі оброблення займає одну позицію, а робочі органи підводяться (відводяться) до нього.

2 клас – багатопозиційні машини, в яких об'єкти пересуваються від однієї позиції до іншої за допомогою робочих органів (конвеєра, каруселі та ін.), в яких оброблення відбувається під час зупинок.

3 клас – багатопозиційні машини, що засновані на суміщенні технологічних операцій з безперервним транспортуванням, яке здійснюється на постійно рухомому лінійному конвеєрі чи на рівномірно – обертаючійся каруселі – роторі (тому такі машини називають роторними).

До 4 класу відносяться машини, в яких оброблюваний об'єкт рухається від входу в машину до виходу з неї і постійно піддається впливу робочих органів.

За способом передачі енергії від двигуна приводу до виконавчого органу машини такого призначення можуть бути з механічним, пневматичним, гідравлічним та електромеханічним приводом.

За конструктивним оформленням – лінійного та карусельного типу.

За способом дозування виділяють три групи машин:

1 група – машини, робота яких заснована на виготовленні продукту у вигляді бруска та відрізанні від нього окремих порцій;

2 група – машини, які впресовують продукт в проміжну формо подібну тару;

3 група – машини, які засновані на принципі подачі відмірянних порцій продукту з дозатора в підготовлену тару.

За способом пакування фасувальні автомати можна поділити ще на три групи в залежності від наступних ознак: обгортка окремих порцій, заповнення підготовленої тари, зварка повздовжнього та поперечного швів рулонної плівки. Як відомо, у більшості випадків в'язкість або плинність (величина обернена в'язкості) є найбільш важливою величиною, що визначає різний стан речовини. В'язкість залежить від температури, тиску, вологості або жирності, концентрації або ступеня дисперсності. Таким чином до в'язкості продукції умовно можна віднести рідини, що мають значну в'язкість і за відповідних умов можуть її змінювати.

До в'язких продуктів відносять: сметану, майонез, томатну пасту, згущене молоко, сиркову масу тощо. Через свої реологічні характеристики в'язка продукція не може достатньо швидко витікати через відносно невеликі отвори під дією сили тяжіння і тиску верхніх шарів цієї продукції. А тому під час

формування дози і фасування в'язкої продукції у споживчу тару потрібно здійснювати її примусове переміщення.

Розширення асортименту харчових продуктів передбачає включення до складу в'язкої продукції твердих дрібно-штучних включень. Процес витікання такої продукції має інші гідравлічні і кінематичні параметри. Як наслідок конструктивне виконання дозувальних і фасувальних пристроїв повинно враховувати всі особливості фізико-механічних характеристик в'язкості продукції. Однак незважаючи на великий асортимент в'язкої продукції, у конструктивних виконаннях пристроїв дозування є подібні рішення. Для аналізу існуючих характерних схем пристроїв дозування в'язкої продукції з метою ефективного застосування і пошуку шляхів вдосконалення доцільно розглянути їх конструкції.

Найширшого застосування знайшли поршневі дозатори. Вони можуть використовуватись для фасування практично будь-якої в'язкої продукції і за наявності будь-якої системи подачі продукції. Робочим органом в таких дозаторах є поршень, за рахунок руху якого створюється або розрідження у мірній камері для прискорення переміщення продукції із витратного резервуару, або зусилля витискання продукції із мірної ємності. У деяких випадках, особливо коли ставиться задача про суттєве збільшення продуктивності, використовують плунжерні дозатори. Плунжерні дозатори можуть створювати значний тиск продукції під час її переміщення в каналах дозувальних пристроїв, що безумовно збільшує їх пропускну здатність. Поряд із цим дослідженнями встановлено, що тиск на продукцію обмежується: вимогами щодо початкової структури продукції; співвідношенням параметрів поперечного перерізу мірної енергії і збільшенням продуктивності. А тому для невеликої групи в'язкості продукції

використовують плунжерні дозатори, а для значної кількості – поршневі.

Поршневі дозатори мають значну кількість переваг, це простота конструкції та монтажу дозатора; можливість легкого та швидкого варіювання величини дози в заданих межах та використання широкої гами приводів;

герметичність дозувальної камери. Величина дози визначається внутрішніми параметрами поперечного перерізу мірного циліндра і ходом поршня. Тому що змінити параметри мірного циліндра практично не можливо, то єдиним параметром, за допомогою якого варіюється величина дози, є хід поршня. Точність дозування залежить від багатьох факторів, в тому числі: стабільності переміщення продукції в мірний циліндр; точністю ходу поршня; співвідношенням площі поперечного перерізу мірного циліндра до площі поперечного перерізу каналів запірної арматури; конструктивного виконання як торця поршня, так і перехідної втулки мірного циліндра. До недоліків поршневих дозаторів можна віднести: зношуваність ущільнювальних елементів поршня; неповне видалення продукції із дозувальної камери; обмеження по продуктивності дозування. Для забезпечення руху робочих органів широко використовують пневматичні приводи.

Розглянемо найбільш типові конструкції існуючих машин і пристроїв для дозування в'язкої продукції в конструкціях яких використовуються поршневі дозатори.

На рис.1.1 приведено автомат для пакування продукту в пакети з полімерної плівки, які формуються з рулонного матеріалу, на пристрої типу „комірець”.

Відрізування та зварювання пакетів здійснюється за допомогою одинарних ніхромових нагрівачів елементів за рахунок подачі імпульсів електричного струму.



Рис.1.1 Автомат SY-60Y Виробництво: ООО „ТРОНКА-АГРОТЕХ”

Дозатор розміщено у верхній частині машини і продукт під дією надлишкового тиску переміщується безпосередньо в сформований пакет.

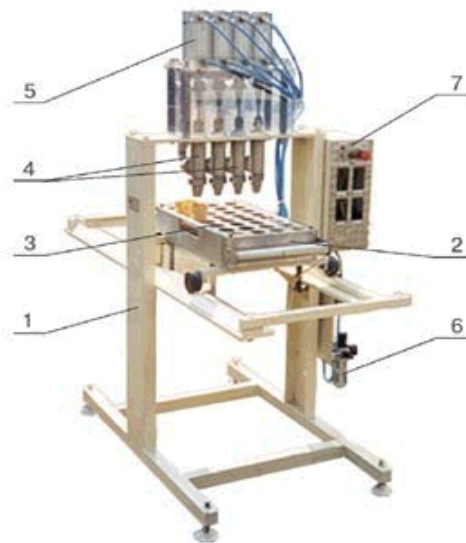


Рис. 1. 2 Багатопотоковий дозатор для морозива

На рис. 1.2 приведено багато потоковий дозатор для морозива. Ряд з чотирьох дозаторів 4 розміщених на станині 1 подають продукт у стаканчики 3, що знаходяться на плиті 2. Дозатор обладнано пневмоприводами 5, які під'єднані пнемо системою до компресора або до магістралі із стисненим повітрям.

Перевагою такої компоновки можна вважати можливість встановлення значної кількості дозаторів, що дозволяє збільшити продуктивність обладнання.

До переваг багато потокових автоматів в порівнянні з однопотоковими слід віднести більшу продуктивність за рахунок одночасного наповнення ряду упаковок. При цьому вартість додаткового устаткування (компресор, система очистки повітря) залишається сталою, або збільшується на незначну величину.

Багато потокові дозатори використовують при потребі забезпечити продуктивність на рівні між автоматом та високопродуктивною лінією.

Також слід відмітити конструкцію автомату для фасування джемів в полімерну упаковку, яка показана на рис. 1.3.

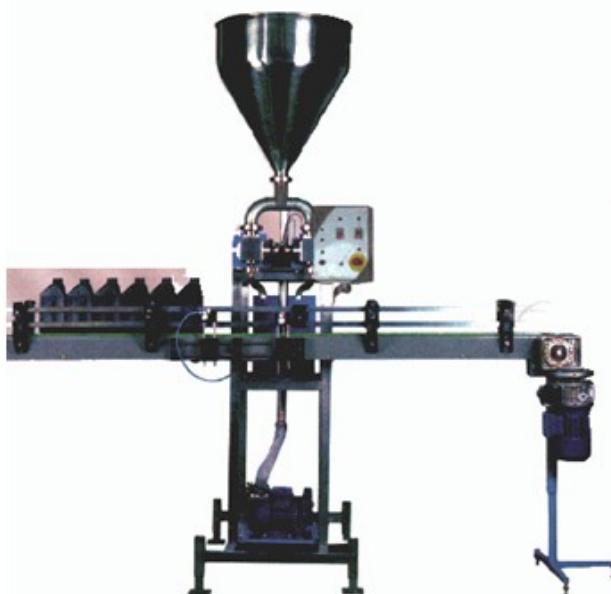


Рис.1.3 Автомат ДТА-1 ТОВ „Концетто” (Польща)

Автомат має конвеєр, по якому тара здійснює покрокове переміщення. Устаткування обладнано двопотоковим дозатором, що дозволяє збільшити продуктивність лінії в цілому та збільшити час наповнення мірної місткості дозатора. Покрокове переміщення забезпечується серво-двигуном. Автомат може бути обладнано двома дозаторами для дозування продукту та наповнювача. Подача стаканчиків здійснюється за допомогою пневмоциліндра.

Автомат може бути обладнано двома дозаторами для дозування продукту та наповнювача. Подача стаканчиків здійснюється за допомогою пневмоциліндра.

На кінцевих операціях відбувається зварювання стаканчика із кришкою та нанесення маркування. За рахунок лінійної компоновки є можливість уникнути додаткових операцій при завантаженні та видачі наповненої упаковки на наступні операції, відповідно, зменшити вартість обладнання та збільшити надійність його роботи. До недоліків такої конструкції можна віднести більш габаритні розміри в порівнянні з автоматами карусельного типу.

Високопродуктивні автомати для фасування продуктів з помірною в'язкістю приведені за допомогою багато потокових автоматів лінійного та карусельного типу (рис.1.4).

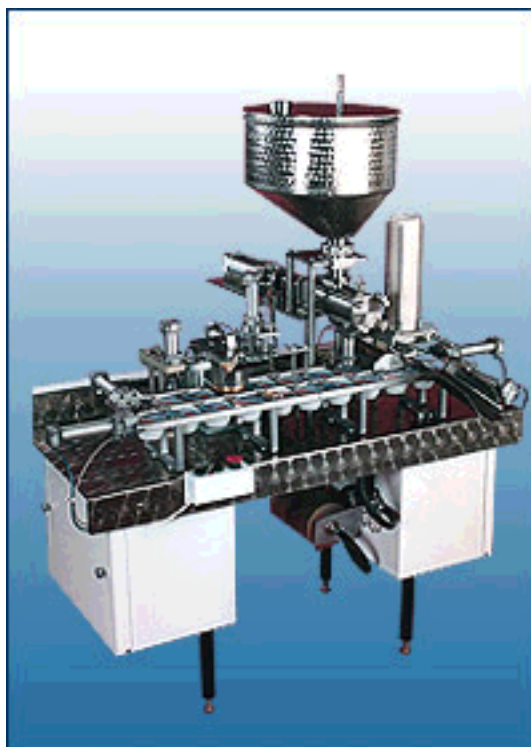


Рис. 1. 4 Автомат АН-01 виробництва „НотаИнтеХ”

Перевагами такого обладнання є велика кількість дозаторів та безперервний процес дозування, що значно збільшує продуктивність обладнання. Використання подібних автоматів пред’являє високі вимоги до конструкції та налагодження дозаторів використовують пневматичний привід,

230614.КР.12.001 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова

Аркуш

рідше механічний. Споживча упаковка подається до дозатора. Де центрується входом в контакт із напрямним конусом, після чого продукт подається в упаковку. Під переміщення продукту тара продовжує переміщуватись, за рахунок чого процес дозування протікає безперервно. Продукт підводиться до дозаторів з магістралі за допомогою насосів. Перевагами такого устаткування є використання електричного струму та збільшення продуктивності. Як альтернатива вище наведеному обладнанню лінійного типу, широкого використання на виробництві набули багатопозиційні одно потокові автомати карусельного типу.



Рис. 1. 5 Автомат АЛУР-1500СМ

На рис.1.5 наведено автомат для фасування в'язких продуктів в полімерні стаканчики. Дозування на автоматі відбувається за допомогою поршневого дозатора. Запірна арматура – кранова, що дозволяє фасувати продукти із значною в'язкістю та продукти із твердими включеннями. На дозатор часто встановлюють допоміжне обладнання, що дозволяє відсікати залишки продукту на насадці. При потребі додавати в продукт, що фасується, наповнювач на обладнання встановлюються другий дозатор. Як правило обладнання такого типу комплектується пневмоприводом. Варіювання дози

регулюється ходом пневмоциліндра. На наступних ділянках автомата відбувається зварювання кришки із стаканчиком та нанесення маркування.

Привабливим для виробників є те що на таке обладнання можна встановлювати до 3-х дозаторів. Продуктивність таких пристроїв може досягати 2400 доз за годину. Доза змінюється в межах від 150 до 1000 мм. Як правило такі дозатори комплектуються пневмоприводом та крановою або клапанною запірною арматурою. Деякі виробники такого обладнання (російська фірма „Промбіооріт”) здійснює комплектацію такого обладнання електромеханічним приводом, що знижує їх вартість, але за даними спостережень в умовах інтенсивної експлуатації встановлено, що така система приводу не забезпечує необхідної надійності обладнання.

Наведені дозувальні пристрої можуть використовуватись для продуктів як з помірною так і з високою в'язкістю, а також для продуктів з твердими включеннями. Вони мають об'ємний дозатор. Регулювання дози відбувається

за рахунок обмеження ходу штока пневмоциліндра. Продукт підводиться до бункера за допомогою насосу, або ж вручну. Формування дози відбувається само заповненням під дією сил тяжіння і розрідження мірній камері дозатора. Подача тари та команда на дозування відбувається в ручному режимі. Таке обладнання не потребує багато місця, просте в монтажі та обслуговуванні.

Настільне дозування обладнання для в'язких продуктів використовується на виробництві малої продуктивності. Може бути як з напівавтоматичною так і з ручною системою керування.

Пристрій (рис.1.6) виготовляється з дозувальним циліндром одного з трьох типорозмірів - місткістю 50, 250 або 500 мм. Плавне регулювання величини дози здійснюється в межах від 10 до 100% обсягу дозувального циліндра. Продукт, що фасується, надходить у циліндри по гнучких шлангах за рахунок підсмоктування з бункера. Тара (стаканчики, пляшки, банки і т.д.) встановлюються на позицію наповнення й знімається оператором вручну. Обслуговує пристрій один оператор

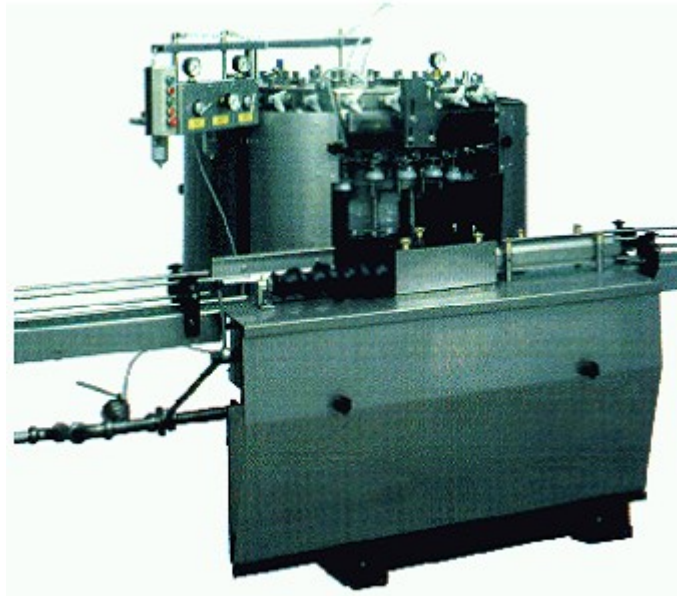


Рис. 1.6 Автомат XRB-6 виробництва Польщі (ТОВ „Канцетто”)

### ***1.3 Обґрунтування основного напрямку дослідження***

Узагальнюючі приведені матеріали з огляду існуючих конструкцій машин і пристроїв для дозування в'язких і пластичних харчових продуктів можна зробити наступні висновки:

- робота спроможних конструкцій для дозування в'язких харчових продуктів і особливо багатоконпонентних суміші мало;
- майже відсутні надійні, прості за конструкцією пристрої для дозування в'язкої та пластичної продукції у вигляді сирної маси, пластичних продуктів, що включають різні калорійні та цінні на вітаміни домішки;
- з'ясовано, що значна кількість підприємств молочної галузі є заводи малої і середньої потужності, це пов'язано з розташуванням зон сировини і неможливістю транспортування молока на значні відстані;
- розробка для таких заводів, нової надійної і простої за конструкцією техніки є актуальною задачею сьогодення.

#### **- Висновки**

Проведений аналіз конструкцій існуючих дозаторів для фасування в'язких харчових продуктів та літературний огляді методик їх розрахунку дозволив визначити їх переваги та недоліки. Серед основних недоліків можна виділити складність щодо точності дозування та великий час на

переналагодження при зміні величини дози. Тому потреба в розробці та дослідженні нових конструктивних схем дозуючих пристроїв є наразі дуже актуальною.

**Метою роботи є:** модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину.

**Об'єкт дослідження** - взаємозв'язки між конструктивними та динамічними параметрами механізмів та пристроїв машини для пакування сиркової маси .

**Предметом дослідження** – механізм дозування сиркової маси.

**Поставлені задачі:**

- Провести аналіз існуючих наукових джерел та конструкцій дозаторів для в'язких та пластичних продуктів.
- Запропонувати нову конструкцію дозуючого пристрою для в'язких продуктів та розробити методологію розрахунку його елементів.
- Провести аналітичні дослідження роботи запропонованого дозуючого пристрою для визначення основних кінематичних та динамічних характеристик.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Опис пропозиції

В даному дипломному проєкті розробляється обладнання для фасування сиркової маси з родзинками в полістиролові стаканчики. (рис.2.1).

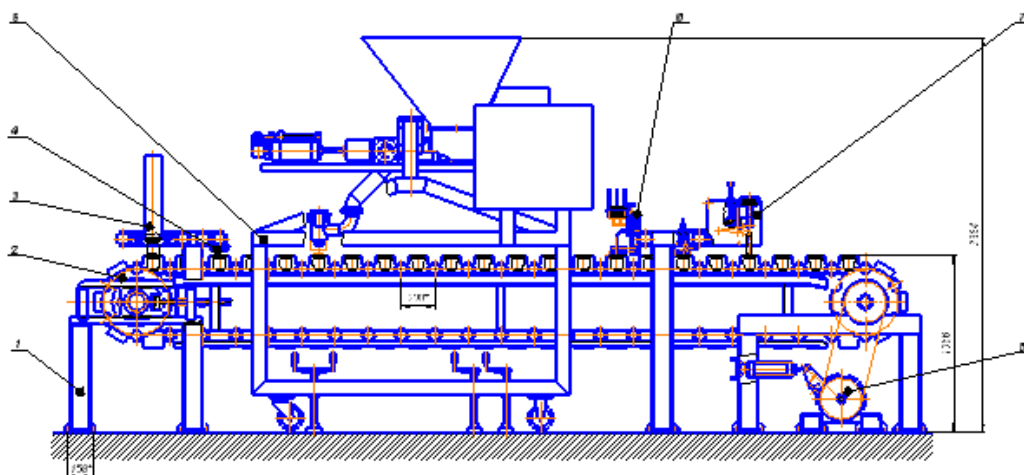


Рис.2.1 Загальний вигляд машина для фасування сиркової маси з родзинками в полістиролові стаканчики

Фасувальна лінія включає конвеєр 2, механізм подачі стаканчиків 3, дозатор 5, механізму накладання кришок 6, механізм зварювання 7, пристрій для маркування дати та пульт керування. Конвеєр із приводом виконує роль бази для монтажу всіх механізмів автомата. (рис.2.2).

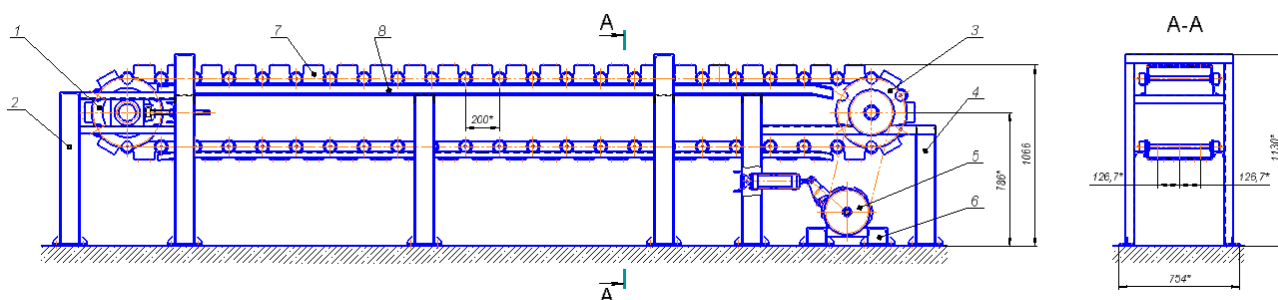


Рис.2.2 Конвеєр з приводом

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження, вибір або створення його математичної моделі</b>	<b>230614.КР.12.002 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

Всі механізми машини встановлені безпосередньо на станині конвеєра. Поступове переміщення конвеєра забезпечується храповим колесом, яке обертається на заданий крок завдяки ходу штока пневмоциліндра.

### *Механізм виділення стаканчиків*

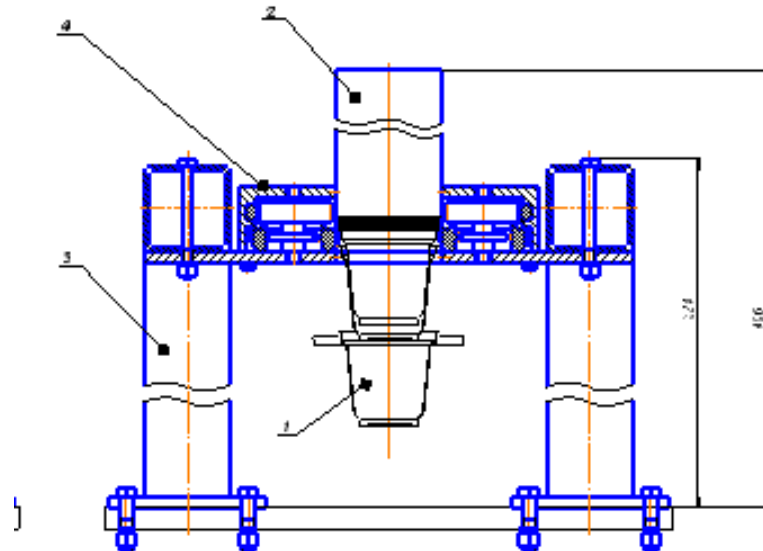


Рис. 2.3 Механізм виділення стаканчиків

Механізм подачі стаканчиків 1 складається з двох стійок 3, з'єднаних стяжкою, до якої жорстко закріплений привід поршня 4, і віссю, на якій вільно обертається важіль упора 2. На стійці встановлений приймач стаканчиків. Механізм фіксується на двох площинах корпусу. Пневматичний поршень передає рух на дві рейки, які приводять у рух зубчасті колеса. До зубчастих коліс нерухомо закріплені колеса зі змінним кроком різьби..

### *Дозувальний пристрій*

Поршневий дозатор (рис. 2.4) складається із мірного циліндра, поршня з ущільнювальними елементами, запірної арматури; каналів подачі і видачі продукції; приводу (рис.2.5; 2.6). За розташуванням у просторі поршневі дозатори поділяють: з вертикальним, горизонтальним або похилим, розташуванням в залежності від компоновки пакувальної машини.

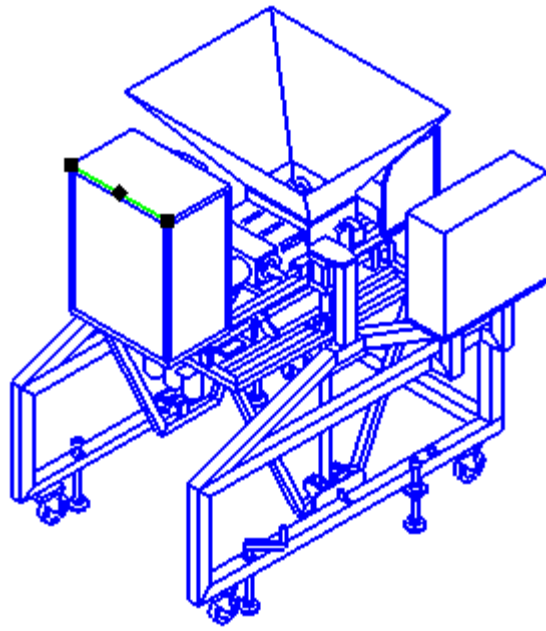


Рис. 2.4 Поршневий дозатор

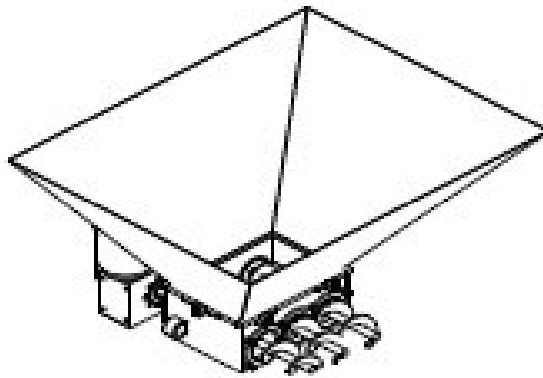


Рис.2.5. Бункер та живильник

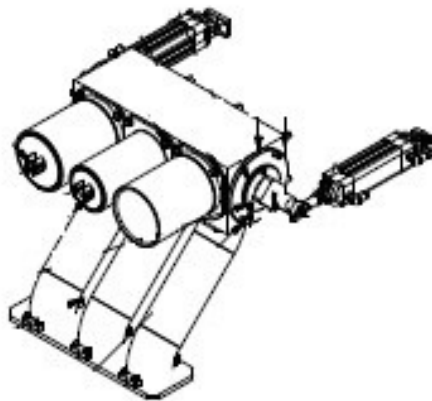


Рис. 2.6 Розподільник з поршковими дозаторами

Розташування дозатора не має значного впливу на режими дозування та фасування. Водночас, при уточненні циклограми роботи пристрою необхідно враховувати дію сил гравітації, які впливають на опір переміщення продукції, що, у свою чергу, впливає на пропускну здатність каналів дозатора та точність дозування.

#### *Опис роботи шнекового живильника*

Шнекові живильники використовуються для транспортування як сипучих, так і в'язких продуктів. Вони складаються з кожуха (зазвичай циліндричної форми), усередині якого розташовані один або два шнеки, а також бункера-накопичувача, заслінки для регулювання подачі продукції та вихідного патрубку.

Залежно від компонування в пакувальному обладнанні, шнекові живильники можуть мати окремий кожух або бути інтегрованими в єдиний корпус із дозатором. За розташуванням вони бувають горизонтальними і полого нахилені під кутом до 20°. Шнеки живильника зазвичай виготовляють методом точіння або комбінацією лиття і точіння. Вони можуть мати одно-, дво- або тризахідну гвинтову поверхню. Поверхня шнека може бути суцільною, стрічковою або переривчастою, виконаною у вигляді окремих лопатей фасонної форми.

Шнек із суцільною поверхнею переважно застосовують для переміщення злежаної, в'язкої продукції, а також, коли за технологічним процесом потрібно здійснювати інтенсивне перемішування продукції. Інтенсивність подачі продукції шнековим живильником за сталих значень геометричних і кінематичних параметрів шнека залежить від структурно механічних властивостей продукції.

У моєму дипломному проєкті було застосовано живильник, оснащений трьома шнеками. Кожен шнек розміщений в окремому корпусі, які розділені перегородкою. Кожен з окремих живильників подає продукцію до окремого

поршневого дозатору, що забезпечує можливість наповнювати упаковки різними дозами на одній лінії

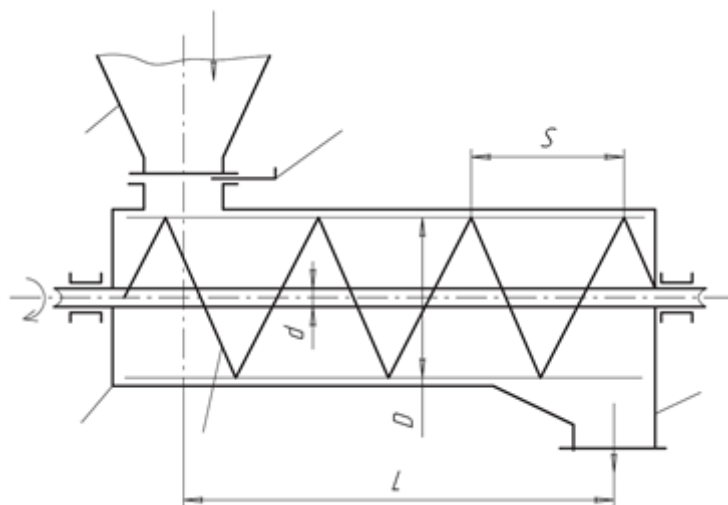


Рис.2.7 Шнековий живильник

*Опис приводу транспортної системи.*

На даному фасувальному автоматі використовується привід на основі мотор-редуктора (рис. 2.8). Для з'єднання вала мотор-редуктора з приводним барабаном використовується муфта. Мотор-редуктор являє собою агрегат, що об'єднує в одному корпусі електродвигун і редуктор. Це забезпечує більшу точність взаємного розташування валів редуктора і електродвигуна, а також зменшує кількість деталей у конструкції.



Рис. 2.8 Приклади виконання мотор-редукторів

Для досягнення необхідного діапазону передатних чисел мотор-редукторів, тому широке застосування знайшли дво- і триступінчасті мотор-редуктори. Також нерідко використовуються чотириступінчасті й п'ятиступінчасті мотор-редуктори.

Залежно від типу передачі, використаної на останньому ступені, мотор-редуктори поділяються на:

- 1) циліндричні мотор-редуктори (з циліндричною зубчастою передачею);
- 2) конічні мотор-редуктори (з конічною зубчастою передачею);
- 3) черв'ячні мотор-редуктори (з черв'ячною передачею);
- 4) планетарні мотор-редуктори (на основі планетарної передачі);
- 5) хвильові мотор-редуктори (на основі хвильової передачі).

До переваг мотор-редукторів відносять:

- 1) високий ККД;
- 2) простота обслуговування;
- 3) компактність;
- 4) спрощений монтаж.

Муфта — це пристрій, призначений для постійного або тимчасового з'єднання циліндричних елементів машин чи конструкцій, таких як вали, труби, сталеві канати або кабелі.

За сферою застосування виділяють: сполучні муфти, які залежно від виконуваної функції забезпечують надійність з'єднання, герметичність, захист від корозії тощо (наприклад, кабельна муфта, з'єднання труб); муфти приводів машин і механізмів, що передають обертальний рух і крутний момент з одного вала на інший, зазвичай співвісно розташований, або з вала на деталь (шків, зубчасте колесо тощо), який вільно встановлений на ньому, без зміни величини крутного моменту. Крім того, муфти привод і виконують інші важливі функції: компенсацію невеликих монтажних відхилень, роз'єднання валів, автоматичне керування, безступінчате регулювання передавального відношення, захист машин від поломок в аварійному режимі і т.д.

Процедура роботи дозатора виконується наступним чином.

Процес роботи дозатора здійснюється наступним чином. Перед запуском дозатора слід увімкнути обладнання, яке безпосередньо готує упаковки та передає сигнал дозатору для початку дозування.

1. Відкриття наливаючих насадок - нижня частина яких розташована над упаковкою.

2. Перемикання розподільвача на режим дозування. В цьому режимі мірна ємність циліндрів з'єднана з продуктопроводом, який веде до дозуючих головок.

3. Виштовхування продукту дозуючим поршнем: продукт просувається по продуктопроводу і потрапляє в дозуючу головку.

4. Закриття дозуючих головок – при закритті потрібна кількість продукту, що знаходиться в головці виштовхується безпосередньо в упаковку.

5. Під час цієї операції виконуються одразу кілька дій:

- Підняття рухомої частини дозатора;
- Відкриття дозуючих головок
- Перемикання розподільника у положення, що з'єднує мірний циліндр з живильником.

6. Переміщення установки автоматичної подачі упаковок..

Всі вище вказані процеси виконуються автоматично в кожному циклі роботи. Керування здійснюється програмою, яка була розроблена та завантажена в дозатор безпосередньо перед початком роботи.

#### *Механізм видачі кришок*

Механізм подачі кришок (рис. 2.9) складається з корпусу, по якому рухається вакуум-захват. Цей рух здійснюється за допомогою пневмоциліндра. Під час руху вакуум-захвату вгору він повертається на 180°, рухаючись по спеціальній напрямній з заданим контуром і завдяки пружині. В крайньому верхньому положенні вакуум-захват упирається в дно кришки.

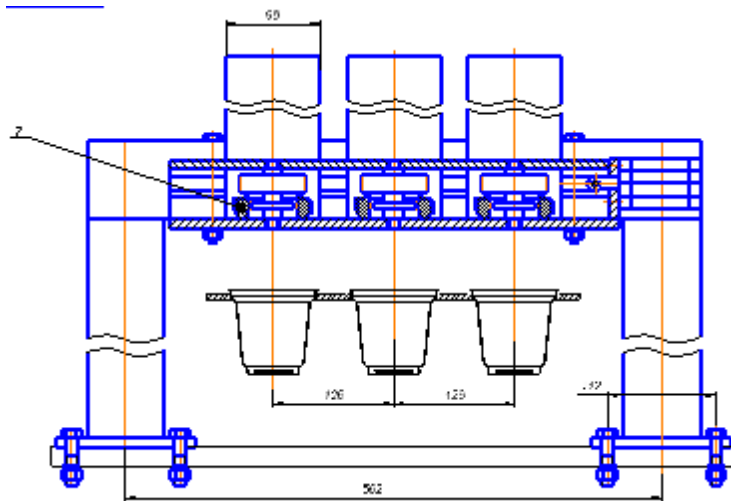


Рис.2.9 Механізм видачі кришок

Через штуцер у вакуум-захват 2 подається розріджене повітря. Під час руху корпусу вниз вакуум-захват повертається на  $180^\circ$  і продовжує рух, долаючи опір пружини. В результаті вакуум-захват кладе кришку на бортик стаканчика. Тримач кришок складається з кронштейна з обоймою, в отворах якої рівномірно по колу встановлені напрямні з відсікачами, що виконують роль опори для стопки кришок. В пазу кронштейна розміщена колодка з загвинченим у неї гвинтом, який закріплений у кронштейні таким чином, щоб він міг обертатися.

#### Механізм зварювання

Механізм зварювання (рис. 2.10) складається з корпусу 2, в який вмонтовано дві ніхромові стрічки, що виконують роль нагрівача, оскільки до них під'єднано кабель від електромережі 3. Корпус кріпиться до пневмоциліндра за допомогою двох пластин і болтів. Пневмоциліндр виконує функцію механізму притискання корпусу до стаканчика, накритим алюмінієвою кришкою. Під час притискання корпусу зварювальної головки до кришки стаканчика відбувається процес зварювання кришки зі стаканчиком. Алюмінієва кришка має спеціальне полімерне покриття, яке забезпечує можливість з'єднання алюмінію з полістиролом. Пневмоциліндр болтами кріпиться до плити, яка в свою чергу закріплена до стійки.

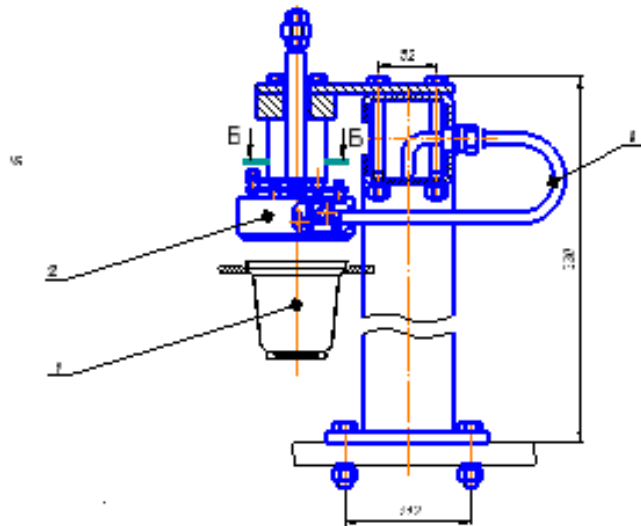


Рис. 2.10 Механізм зварювання

*Механізм нанесення дати*

Механізм маркування дати (рис. 2.11) призначений для нанесення інформації про дату виготовлення продукту. Конструкція механізму включає стійку, яка надійно закріплена болтами до станини, плити та пластини.

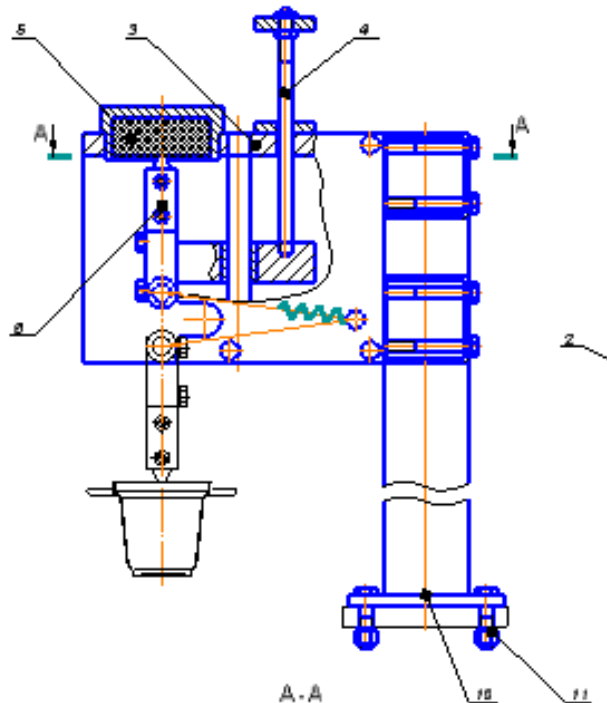


Рис. 2.11 Механізм нанесення дати

До плити закріплено штемпельний стакан, дві напрямні та пневмоциліндр. До штока пневмоциліндра прикріплена каретка, яка переміщується вздовж напрямних. В свою чергу до каретки прикріплена вилка з датувальником. Датувальник має набірну матрицю з шести цифр.

Процес нанесення дати на кришку відбувається наступним чином. Головка датувальника притискається до штемпельного стакана, після чого виконується робочий хід штока. Під час цього каретка переміщується вниз уздовж напрямних у напрямку стаканчика. У процесі руху каретки вниз вилка під дією пружини входить у паз. У цей момент відбувається поворот вилки на 180°, і датувальна головка наносить дату на кришку. При зворотньому ході штока пневмоциліндра вилка знову входить у паз, повертається на 180° і рухається до упора в штемпельний стакан.

### *Блок керування*

Блок керування закріплений болтами на станині. На ньому є кнопки керування всіма пневмоциліндрами машини. Також передбачено кнопку регулювання швидкості конвеєра, кнопку ввімкнення механізму зварювання та аварійну кнопку для екстреного вимкнення машини. Крім того, блок обладнаний табло, яке дозволяє контролювати роботу всіх механізмів за поданими сигналами.

## **2.2 Принцип роботи машина для фасування сиркової маси з родзинками в полістиролові стаканчики**

Принцип роботи машини починається з того, що колеса з різьбою відокремлюють із магазину три стаканчики, які падають у базуючі місця на плитах конвеєра. Під час пересуванні конвеєра на наступну позицію порожні стаканчики опиняються в зоні дії дозатора. З бункера продукт за допомогою шнекових живильників потрапляє в поршневий дозатор, де здійснюється об'ємне дозування. Потім заповнені стаканчики продуктом, потрапляють в зону дії механізму накладання кришок з алюмінієвої фольги. Вакуумний

захват механізму подачі кришок відділяє кришку від загальної стопки, а після повороту на 180° накладає її на верхній край стаканчика. Потім стаканчики переміщуються на наступну позицію, де кришки приварюються до їхніх країв. Цей процес здійснюється за допомогою пневмоциліндра, який притискає зварювальну головку до стаканчика з кришкою. Зварювальна головка нагріває кришку до температури плавлення, що забезпечує її надійне з'єднання зі стаканчиком. Після цього стаканчики пересуваються на наступну позицію, де відбувається нанесення дати на кришку. Датувальна головка притискається до штепсельного стакана за допомогою пневмоциліндра, під час чого фарба переноситься на поверхню головки для нанесення дати.

Потім, рухаючись по напрямних, датувальна головка опускається і заходить в паз, що дозволяє їй повернутися на 180°. Після цього головка притискається до кришки стаканчика і наносить дату. Далі стаканчик потрапляє в зону вивантаження, де оператор укладає готову продукцію в ящики.

### **Висновки**

Сучасне виробництво харчових продуктів вимагає високого рівня автоматизації, особливо в пакувальних процесах, де точність, швидкість і якість роботи є критичними параметрами.

В'язкі продукти, такі як сиркова маса, вимагають особливого підходу до пакування через свою текстуру та специфічні вимоги до дозування.

Метою запропонованого технічного рішення є забезпечення стабільної продуктивності, підвищення точності фасування, зменшення впливу людського фактора та оптимізація процесів для зниження собівартості.

Запропоновані конструктивні зміни функціональних механізмів машини для фасування сиркової маси з родзинками в полістиролові стаканчики дозволять забезпечити оптимальну продуктивність, високу якість упаковки, знизити витрати на виробництво та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Аналіз дозування в'язких продуктів

Для критеріального аналізу досліджуваним в'язким продуктом було обрано харчовий продукт – сиркову масу, що пакується в м'яку упаковку Doу-pack.

За необхідний і достатній вибір приймали не менше трьох варіантів процесів дозування даного продукту:

- машиною з об'ємним поршневым дозатором з крановою запірною арматурою;
- машиною з об'ємним поршневым дозатором з клапанною запірною арматурою;
- машиною з об'ємним роторним дозатором.

По кожному процесу, що виконується вище наведеними машинами, було досліджено процес формування і переміщення дози продукту, побудовані функціональні схеми, відповідні таблиці і графіки, проведені розшифрування критеріальних індексів.

По ходу процесу проставлено критеріальні індекси  $j$ , та наведено таблицю з їх числовими значеннями і коефіцієнтами вагомості (табл. 3.1 – табл. 3.3). Так порядок розшифрування критеріальних індексів процесу утворення і фасування дози з допомогою поршневого дозатора з крановою запірною арматурою має вигляд (рис. 3.1 а):

Розшифрування критеріальних індексів процесу утворення дози.

**Індекс «z»:**

$z_1$ - завихрення при видаленні продукції із бункеру в запірну арматуру;

$z_2$  – завихрення продукту в запірній арматурі.

**Індекс «t»:**

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження, вибір або створення його математичної моделі</b>	<b>230611.KP.12.002 ПЗ</b>				
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш	

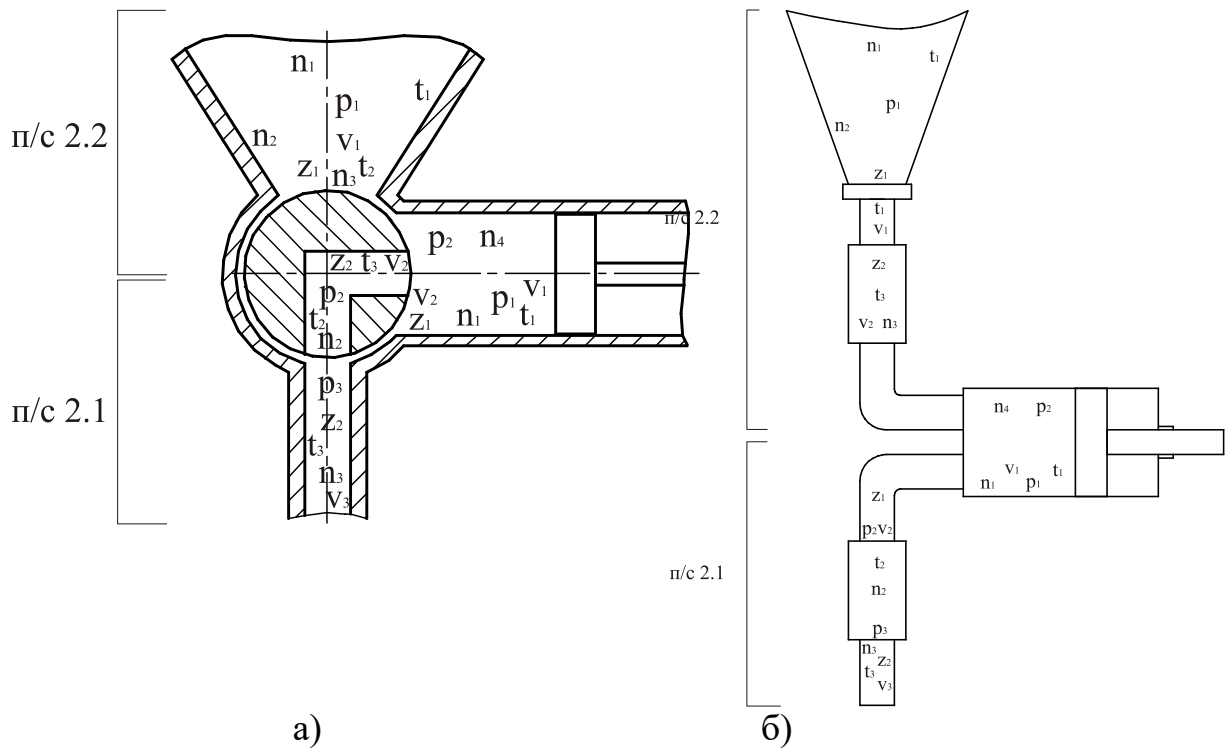


Рис. 3.1 Функціональна схеми дозаторів для в'язких продуктів:  
 а – об'ємного поршневого з крановою запірною арматурою; б – об'ємного поршневого з клапанною запірною арматурою

$t_1$  - тертя продукції по стінках бункеру;

$t_2$  – тертя продукції при переміщенні в запірну арматуру;

$t_3$  - тертя в запірній арматурі при переміщенні продукту в дозувальну насадку.

**Індекс «с»:**

П – штучна продуктивність по одному потоку, прийнята з літературного джерела.

**Індекс «n»:**

$n_1$  – операція подачі продукту в бункер;

$n_2$  – операція переміщення продукту уздовж бункера;

$n_3$  - операція переміщення продукту з поворотом/переміщенням запірної арматури;

$n_4$  – операція переміщення продукту з видаленням його поршнем.

**Індекс «р»:**

$p_1$ - тиск продукції в бункері;

$p_2$  – тиск продукції при вивантаженні із запірної арматури в дозувальну ємність.

***Індекс «v»:***

$v_1$  - стала швидкість попадання продукції з бункеру в запірну арматуру;

$v_2$  – стала швидкість потоку продукції в запірній арматурі.

Розшифрування критеріальних індексів процесу фасування дози, п/с  
2.1.

***Індекс «z»:***

$z_1$  - завихрення при видаленні продукції із циліндру в запірну арматуру;

$z_2$  – завихрення в насадці дозатора.

***Індекс «t»:***

$t_1$  – тертя продукції по стінках циліндру та по поверхні поршня;

$t_2$  – тертя продукції при переміщенні в запірну арматуру;

$t_3$  - тертя в насадці дозатора.

***Індекс «с»:***

П - штучна продуктивність одного потоку.

***Індекс «n»:***

$n_1$  - операція переміщення продукту з видаленням його поршнем;

$n_2$  – операція переміщення продукту з поворотом/переміщенням запірної арматури;

$n_3$  - операція переміщення продукту по насадці.

***Індекс «р»:***

$p_1$  – тиск продукції в циліндрі дозатора;

$p_2$  – збільшення тиску продукції при видаленні в запірну арматуру ;

$p_3$  – збільшення тиску продукції при поданні в дозувальну насадку через істотне зменшення діаметру;

***Індекс «v»:***

$v_1$  - стала швидкість продукції;

$v_2$  – швидкість продукції зменшується через видалення її з циліндру в запірну арматуру;

$v_3$  – стабілізація швидкості в дозувальній насадці.

Таблиця 3.1

**Числові значення індексів  $j$  і вагових коефіцієнтів  $f_j$  для об'ємного поршневого дозатора з крановою запірною арматурою**

Підсистема	z	t	c	n	p	v	$\Sigma_j$
п/с 2.2.	2	3	0.37	5	2	2	14.255
п/с 2.1	2	3	0.37	3	3	3	14.255
$\Sigma_{п/с}$ 2.2 і 2.1	4	6	0.37	8	5	5	28,37
$f_i$	0,11	0,15	0,19	0,03	0,32	0,27	

Таблиця 3.2

**Числові значення індексів  $j$  і вагових коефіцієнтів  $f_j$  для об'ємного поршневого дозатора з крановою запірною арматурою**

Підсистема	z	t	c	n	p	v	$\Sigma_j$
п/с 2.2.	3	4	0.18	5	4	2	18.18
п/с 2.1	2	4	0.18	4	3	2	15.18
$\Sigma_{п/с}$ 2.2 і 2.1	5	8	0.18	9	7	4	33,36
$f_i$	0,11	0,15	0,19	0,03	0,32	0,27	

Таблиця 3.3

**Числові значення індексів  $j$  і вагових коефіцієнтів  $f_j$  для об'ємного роторного дозатора**

Підсистема	z	t	c	n	p	v	$\Sigma_j$
п/с 2.2.	3	3	0.25	5	3	2	16,25
п/с 2.1	4	5	0.25	3	3	3	18,25
$\Sigma_{п/с}$ 2.2 і 2.1	7	98	0.25	8	6	5	34,5
$f_i$	0,11	0,15	0,19	0,03	0,32	0,27	

Аналіз процесів з вибором оптимального дозування проведено також за допомогою графіків сумарного і диференційованого числових значень критеріальних індексів процесів. Проте, остаточний вибір оптимального

варіанту здійснено по узагальненій таблиці, яка називається матрицею рішень (таблиця 3.4).

На рис.3.2 побудована діаграма сумарних числових значень критеріальних індексів всіх трьох вибраних процесів дозування і фасування. Діаграма показує, що кожний стовпчик є сумою похибок процесу, завихрень продукту під час процесу фасування, виражених безрозмірними числовими значеннями індексів. Цілком природно, що, за умови, коли графіки виконані в одному масштабі, найменший стовпчик і відобразить найкращий з досліджуваних процесів. У випадках, коли вектора двох або декількох процесів співпадають або дуже близькі за значеннями, для виявлення найкращого з них використано графіки диференційованих числових значень індексів. Найкращим буде процес, що має менше числове значення хоч би по одному з індексів.

У проведених дослідженнях найбільш близькими є процеси  $\Pi_2$  та  $\Pi_3$ , проте кращі показники має процес  $\Pi_1$ , що здійснюється поршнеvim дозатором з крановою запірною арматурою. Цей висновок збігається з результатом вивчення попередньої діаграми.

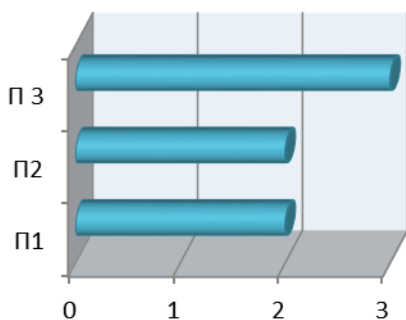


Рис. 3.1 Діаграма сумарних числових значень індексів  $\Pi_{1,2,3}$

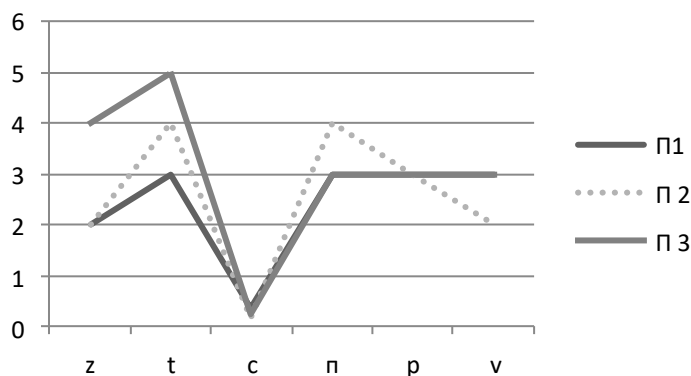


Рис.3.2 Загальний графік диференційованих числових значень індексів  $\Pi_{1,2,3}$

За результатами виконаних досліджень побудована матриця рішень

(табл. 3.4). У верхній частині процес характеризується числовими значеннями окремих критеріальних індексів і їх сумою, а в нижній частині – зваженими значеннями.

Метою побудови такої матриці є вибір оптимальних варіантів процесів з досліджуваних.

Таблиця 3.4

### Матриця рішень

$P_j$	$A_z$ $F_z$	$A_t$ $f_t$	$A_c$ $f_c$	$A_n$ $f_n$	$A_p$ $f_p$	$A_v$ $f_v$	$\Sigma A_{ij} * f_j$
$P_1$	2	3	0.37	5	2	2	14.255
	0.22	0.45	0.7	0,15	0,64	0,54	2,7
$P_2$	3	4	0.18	5	4	2	18.18
	0.33	0.6	0.03	0.15	1,28	0,54	2,93
$P_3$	3	3	0.25	5	3	2	16,25
	0.33	0,45	0,4	0,15	0,9	0,54	2,8

Використання методики вибору оптимальної структури дозувально-фасувальних модулів для пластичних та в'язких харчових продуктів на основі критеріального аналізу дає змогу аргументовано вибирати кращі з їх конструктивних виконань модуля дозування.

Використання запропонованої методики у подальшому дає можливість більш ефективно оцінювати і вибирати оптимальний варіант структури ПМ для пластичних і в'язких харчових продуктів.

### 3.2 Дослідження поршневого дозатора

Серед пристроїв для дозування в'язких харчових продуктів найширшого застосування знайшли такі, в яких величина дози визначається об'ємом певної проміжної місткості. Представником даної групи пристроїв є поршневі дозатори, які застосовуються для будь-якої з систем подачі продукції (магістральної, з проміжного бункера).

Розташовуватись у просторі поршневий дозатор може горизонтально, вертикально або ж похило, це не дає переваг в режимах дозування продукції,

але впливає на пропускну здатність каналів дозатора, а відповідно і на точність процесу.

Вісь випускного каналу може як співпадати, так і не співпадати з віссю переміщення поршня. Це вводить певні обмеження на тиск та швидкість дозування. Оптимальним вважається таке виконання дозатора, коли вони співвісні, при цьому забезпечується симетричність конструкції і лінії потоку продукту, що істотно впливає на значення критерію Рейнольдса та режим руху продукту.

Швидкість переміщення продукту прямо пропорційна швидкості поршня дозатора, тобто визначається заданим законом руху. В свою чергу закони руху поршня дозатора залежать від типу його приводу.

Максимальна швидкість переміщення продукту при застосуванні приводу кривошипно-шатунного типу значно більша за середню швидкість, необхідну для заданої продуктивності, що зумовлено конструкцією приводу. Це призводить до зростання значення коефіцієнта місцевих опорів, може викликати турбулізацію потоку і відповідно збільшення необхідного зусилля для переміщення продукту. У разі застосування кулачкових механізмів можна отримати закон руху, наближений до закону руху пневматичного приводу, але механізми такого типу мають складність в забезпеченні плавного регулювання дози.

Застосування пневматичного приводу забезпечує реалізацію найбільш оптимального закону руху при дозуванні різних видів в'язких продуктів. Заміна продукту, що дозується, на продукт з більш високою в'язкістю призводить до зниження продуктивності дозатора, але не викликає руйнування його елементів. Саме тому для забезпечення руху робочих органів у сучасних зразках пакувальних машин із мікропроцесорною системою керування найчастіше застосовують пневматичний привод, який забезпечує точне позиціонування робочого органу та реалізацію заданого закону руху.

У деяких випадках з метою підвищення продуктивності дозування застосовують подібні до поршневих плунжерні дозуючі пристрої, які дають можливість створювати більший тиск на продукцію під час переміщення у каналах, що в свою чергу збільшує їх прохідну здатність. Але використання їх обмежене, так як значний тиск, що створюється, може привести до руйнування початкової структури продукту та зміни його реологічних характеристик.

При дозуванні в'язких продуктів в якості запірних пристроїв, які дають можливість почергово з'єднувати мірну місткість і канали дозатора та відсікають залишки продукції, здебільшого використовуються кранові системи. За рахунок значного пропускного перерізу з їх допомогою можна дозувати і в'язкі продукти з твердими включеннями.

Загалом можна відзначити, що поршневі дозатори мають значну кількість переваг: простота конструкції та монтажу; можливість легкого та швидкого регулювання величини дози в заданих межах та використання широкої гами приводів; герметичність дозувальної камери. Величина дози визначається внутрішніми параметрами поперечного перерізу мірного циліндра і ходом поршня. Точність дозування визначається багатьма факторами: стабільністю переміщення продукції в мірний циліндр, точністю ходу поршня, співвідношенням площі поперечного перерізу мірного циліндра до площі поперечного перерізу каналів запірної арматури, конструктивним виконанням як торця поршня, так і перехідної втулки мірного циліндра, точністю виготовлення його складових елементів. До основних недоліків можна віднести: зношуваність ущільнювальних елементів поршня; неповне видалення продукції із дозувальної камери; обмеження продуктивності дозування.

Для усунення одного з основних недоліків поршневих дозувальних пристроїв, а саме неповного видалення продукції з мірної місткості та

виникнення при цьому застійних зон використовуються поршні, робочу поверхню яких у порівнянні з базовою (рис. 3.3 а) змінено (рис. 3.3 б-ж).

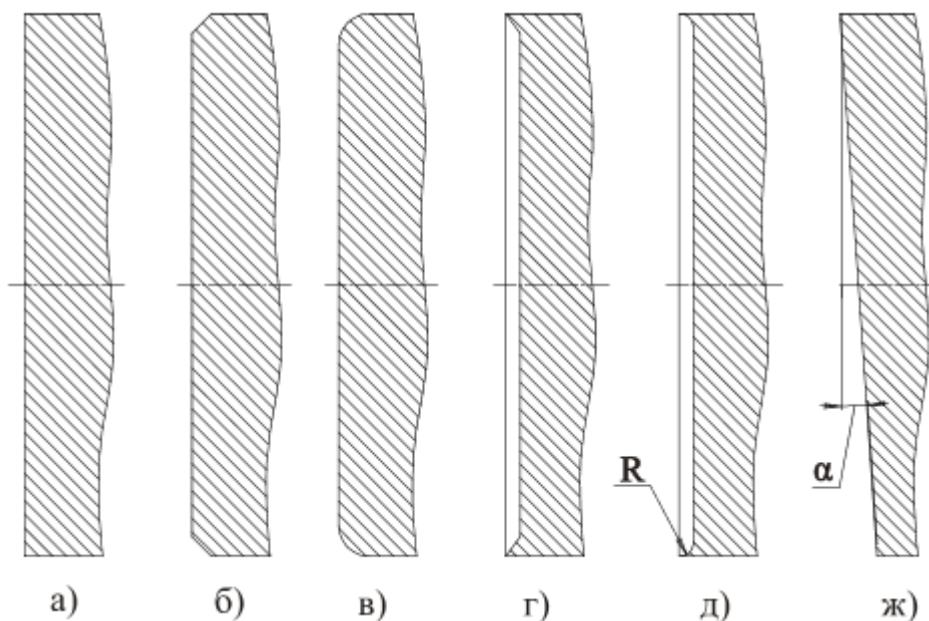


Рис. 3.3 Конструктивні виконання контактуючих поверхонь поршнів дозатора: а - базова конструкція; б - з зовнішніми фасками; в - з зовнішніми заокругленнями; г - з внутрішніми фасками; д - з внутрішніми заокругленнями; ж - з похилою поверхнею.

Такі зміни у конструкції робочого органу дають можливість частково зменшити виникнення застійних зон та змінити розподіл напружень під час переміщення продукції. Використання поршнів з похилою поверхнею (рис.3.3 ж) передбачається у випадку неспіввідності їх з випускним каналом.

Іншими можливими шляхами усунення розглянутої проблеми є зміна форми поверхні у зоні контакту мірного циліндра і випускного каналу та підбір оптимального співвідношення їх діаметрів ( $D/d$ ).

### **3.3. Визначення раціональних параметрів функціонального модуля дозування в'язких харчових продуктів за критерієм енерговитрат.**

З цієї точки зору найбільш важливими характеристиками стосовно дозувальних пристроїв та режимів дозування є відповідно значення гідравлічного опору, площа перерізу трубопроводів та зусилля, з яким

робочий орган діє на переміщуваний продукт (у нашому випадку - тиск у робочій порожнині пневмоциліндра). Це пов'язано з тим, що інші характеристики дозувальних пристроїв та режими дозування не зазнають таких суттєвих змін протягом процесу дозування.

Таким чином можна зробити висновок, що відсутність достатньої інформації стосовно процесу дозування в'язких продуктів значно ускладнює роботу розробників дозувальних пристроїв, призводить до необхідності перестраховування, тобто прийняття завищених значень деяких параметрів, що негативно впливає на вартість, якість і ефективність розробленої конструкції. Існує необхідність дослідження процесу роботи пристроїв для дозування в'язких продуктів з метою визначення їх продуктивності та надійності роботи в залежності від сумарного коефіцієнта опору, значення пропускного перерізу трубопроводу та значення тиску в робочій порожнині пневмоциліндра.

Дослідженню процесів переміщення поршневыми пристроями в'язких харчових продуктів та нехарчових речовин каналами та насадками різного перерізу присвячено праці. У відповідності з даними працями характер залежності між тиском на поршні пристрою та геометричними параметрами вставок представлено на рис.3.3.

На основі розглянутих результатів досліджень як найбільш оптимальні з наведених варіантів для подальшого дослідження впливу на тиск дозування в'язких харчових продуктів дозатором поршневого типу геометричних параметрів вставок було обрано два варіанти, а саме: варіант з насадкою, яка має фаску кутром в  $45^{\circ}$  при основі (рис. 3.5 а); варіант з насадкою, яка має випукле заокруглення біля основи (рис. 3.5 б).

Для розв'язання подібних задач доречно застосувати числові методи які реалізуються у програмних комплексах типу Flow Vision. Він призначений для моделювання тривимірних потоків рідини і газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки

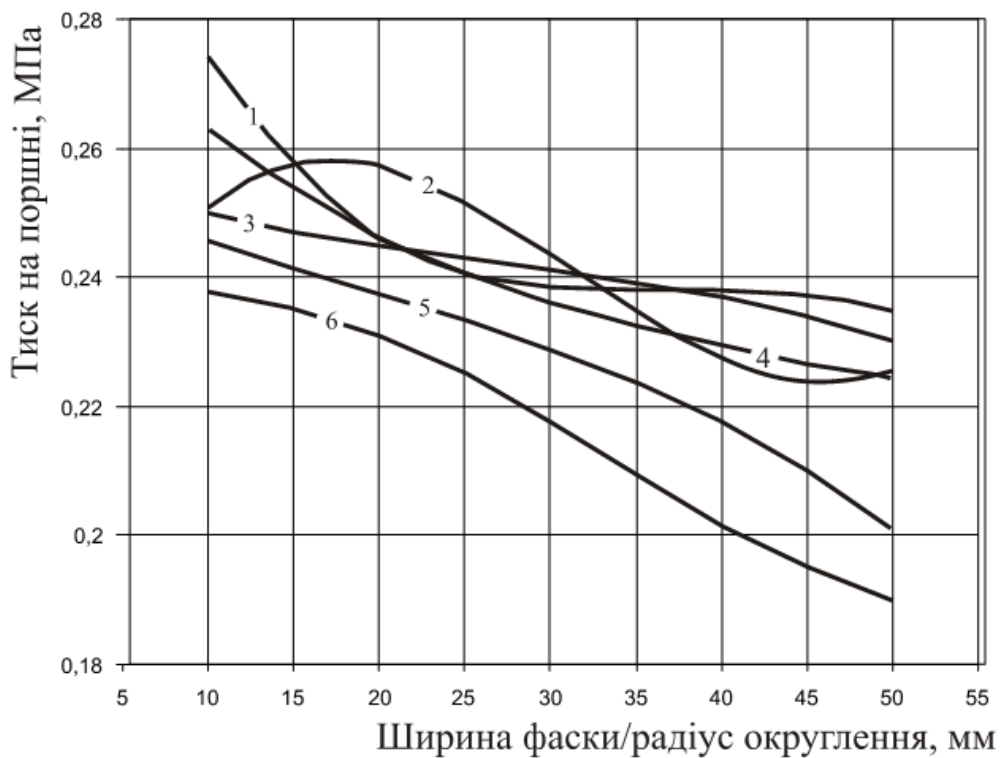


Рис.3.4. Характер залежності тиску на поршні та геометричних параметрів вставок: 1 - вставка з фаскою при вершині  $60^{\circ}$ ; 2 - вставка з фаскою фаска  $45^{\circ}$  при вході та виході насадки; 3 - вставка з увігнутим заокругленням при вершині; 4 - вставка з фаскою при вершині  $30^{\circ}$ ; 5 - вставка з випуклим заокругленням при вершині; 6 - вставка з фаскою при вершині  $45^{\circ}$ .

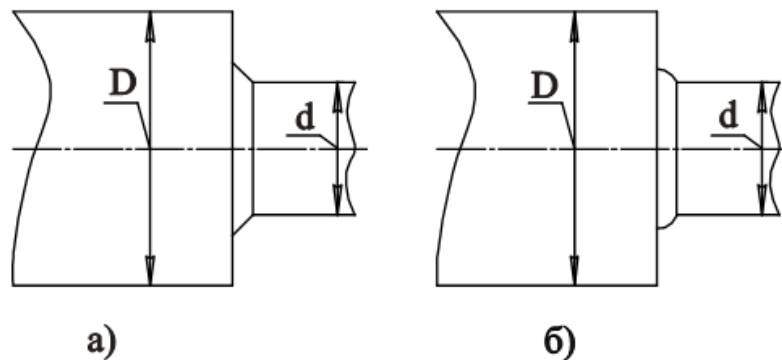


Рис. 3.5. Варіанти виконання вставок поршневих дозувальних пристроїв: а - з фаскою при вершині; б - з випуклим заокругленням при вершині; 1 – мірний циліндр; 2 – вставка.

Течії, що моделюються, включають стаціонарні і нестаціонарні, ті, що стискаються, ті, що слабо стискаються і нестискувані потоки рідини і газу.

Використання різних моделей турбулентності і адаптивної розрахункової сітки дозволяє моделювати складні рухи рідини.

FlowVision побудований на кінцево-об'ємному методі рішення рівнянь гідродинаміки і використовує прямокутну адаптивну сітку з локальним подрібненням. Для апроксимації криволінійної геометрії з підвищеною точністю FlowVision використовує технологію підсіткового подрібнення геометрії. Ця технологія дозволяє імпортувати геометрію з систем САПР і обмінюватися інформацією з системами кінцево-елементного аналізу. Використання цієї технології дозволило розв'язати проблему автоматичної генерації сітки - щоб згенерувати сітку, достатньо задати всього лише декілька параметрів, після чого сітка автоматично генерується для розрахункової області, що має геометрію будь-якого ступеня складності.

Здану задачу розв'язано за допомогою моделі ламінарної рідини, що не стискується. Дана модель описує течію в'язкої рідини при малих і великих (турбулентних) числах Рейнольдса та допускає малі зміни густини. В основу моделі входить рівняння Нав'є-Стокса, енергії і рівняння конвективно - дифузійного переносу концентрації домішок. Першим кроком є розробка геометричних параметрів досліджуваних зразків дозувальних пристроїв. За допомогою графічного редактора "Компас" викреслюється модель установки –циліндр з випускною насадкою і поршень, що витискатиме продукт з циліндра. Наступним кроком є розміщення даних зображень в програмному комплексі FlowVision. Спочатку завантажується зображення циліндра, а потім як фільтр завантажується наше рухоме тіло в той самий файл. Далі вибираємо розрахункову модель, яка відповідає нашому процесу (ламінарна рідина), створюємо всі граничні умови та задаємо всі необхідні вхідні параметри. Наступним кроком є встановлення початкової розрахункової сітки. Програма дозволяє задати шар «характеристики», за допомогою якого

всі необхідні дані покроково записуються у файл, який розкривається в зовнішньому редакторі, і з отриманих значень будуються графіки залежностей певного параметру від часу. Одним із таких редакторів є програма Excel. За допомогою встановленого шару «Графік з тиску» в поздовжньому перерізі дозатора можемо спостерігати розподілення тиску вздовж дозатора, а також тиск на поршні, необхідний для витискання продукту при постійній швидкості руху поршня та різних конструктивних виконаннях мірної місткості. Результати досліджень наведено на рис. 3.6.

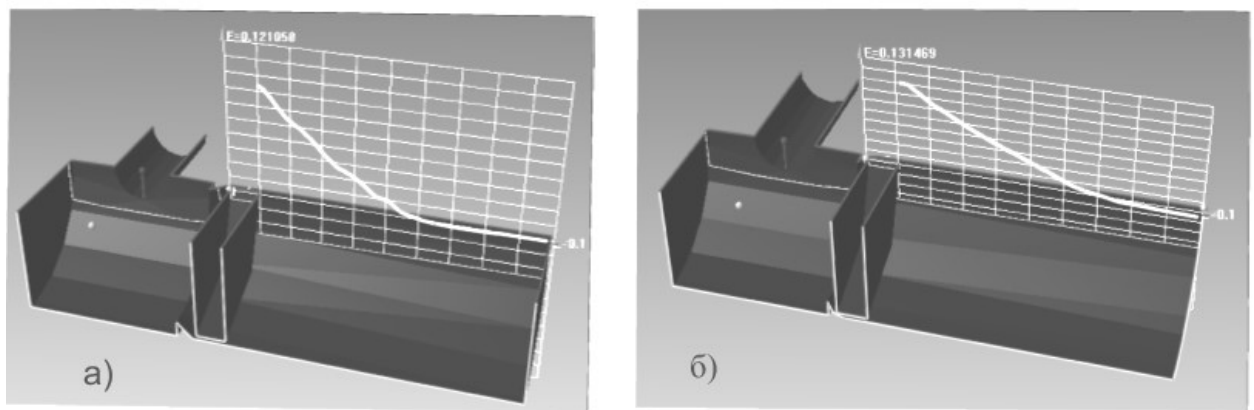


Рис.3.6 Результати досліджень поршневих дозувальних пристроїв: а – вставка з фаскою під кутом 45° при вершині; б – з випуклим заокругленням при вершині

Використавши методологію проведення трифакторного експерименту (за фактори впливу прийнято співвідношення діаметрів мірної місткості і вставки, динамічну в'язкість харчового продукту, величину радіуса заокруглення або фаски при вершині вставки) та змодельовавши його з використанням ПК, отримали математичні лінійні моделі, які мають вид полінома першого ступеня:

$$P = (-46.964) - 1.746 f + 85.362 D/d - 13.433 \eta - 2.756 f D/d - 0.485 f \eta + 22.769 \eta D/d; \quad (3.1)$$

$$P = (-68.506) - 2.244 r + 87.708 D/d - 12.025 \eta - 0.825 r D/d - 0.474 r \eta + 21.8 \eta D/d, \quad (3.2)$$

де P – тиск, потрібний для переміщення поршня;

$f$  – величина фаски;

$r$  – радіус заокруглення;

$\eta$  – динамічна в'язкість;

$D/d$  – співвідношення діаметрів мірного циліндра і насадки.

Аналіз отриманих рівнянь регресії (3.1, 3.2) дозволяє визначити величину впливу вхідних величин (геометричних параметрів насадок, співвідношень діаметральних розмірів та величини динамічної в'язкості) на вихідну величину (відгук) – тиск, що необхідно створити на поршні в процесі дозування.

### **3.4 Визначення точності виконання виконавчих механізмів поршневого дозатора**

Точність дозування – одна з найважливіших характеристик будь-якого дозатора, це його властивість забезпечувати при заданих законах руху вхідних ланок розташування і рух вихідних ланок із похибками, що не перевищують їх допустимі значення.

До точності дозування встановлюються різні вимоги, які залежать від виду продукту і величини його дози. Так само на неї можуть впливати безліч чинників, таких, як ступінь заповнення бункера, нерівномірність подачі продукту в дозуючий механізм, характер взаємодії продукту з механізмами самого дозатора, зміна властивостей продукту в процесі дозування під впливом зовнішніх чинників тощо. Через неточність виготовлення і складання, зазори в кінематичних парах, через деформації ланок і зміну швидкості вхідної ланки положення, швидкість і прискорення вихідних ланок відрізняються від ідеальних. Різниця обумовлена в основному технологічними неточностями розмірів, форми взаємного розташування елементів кінематичних пар і ланок, тобто первинними похибками, експлуатаційними похибками (відхилення величини навантажень, температури і показників зношування від номінальних), динамічними похибками, обумовленими інерційними явищами в самій кінематичній ланці,

автоколиваннями, вібрацією, а також структурними похибками (під час вибору наближеної схеми механізму).

Точність – це один із основних показників якості і критеріїв під час вибору, виготовлення і експлуатації механізмів. А тому під час проектування обладнання потрібно мати розрахункове обґрунтування його точності, тобто чітко визначити величини похибок технологічних та інших параметрів.

Похибкою дозування називають різницю між дійсним і розрахунковим (ідеальним) значенням виділеної дози продукту. Похибку дозування визначають шляхом вимірювання доз продукту при сталому процесі роботи дозатора. Оцінка точності роботи дозатора проводиться в процентному співвідношенні від її заданого номінального значення дози.

Похибка дозування визначається за формулою:

$$\Delta = \Delta_{\text{сист}} + \Delta_{\text{вип}}, \quad (3.3)$$

де  $\Delta_{\text{сист}}$  - систематична похибка дозування;

$\Delta_{\text{вип}}$  - випадкова похибка дозування.

Систематична похибка вимірювання – похибка, що залишається постійною або що закономірно змінюється при повторних вимірюваннях і залежить від технічного виконання системи.

Випадкова похибка – похибка змінна (за величиною і за знаком) від вимірювання до вимірювання і залежить від суб'єктивних і об'єктивних факторів взаємодії продукції із технічною системою і виконанням своїх функцій оператором.

Всі наведені причини зменшення показників точності можна передбачати і тим самим звести їх вплив до мінімуму або повністю виключити з результату зважування. Проте, навіть повністю виключивши систематичну похибку, не можна добитися точного збігу результатів багатократного дозування порцій продукту, оскільки будь-яке вимірювання супроводять випадкові похибки.

### 3.5 Дослідження впливу на точність дозування первинних похибок виконавчих механізмів та типу приводу.

Сучасні методи розрахунку похибок, їх вплив на кінематику і динаміку механічних систем, методи їх зменшення і компенсації, а також основні задачі аналізу і синтезу точності механізмів базуються на теорії точності механізмів, теорії ймовірності і математичної статистики.

У багатьох випадках, наприклад, при виконанні порівняльних розрахунків, потрібно визначати похибку переміщення механізму, під якою розуміють різницю переміщення ведених ланок дійсного і ідеального механізмів при однакових переміщеннях їх ведучих ланок.

Якщо похибки переміщення відтворюються при одному і тому ж положенні ведучої ланки, але при різних напрямках його руху то вираз

$$\Delta\psi_{\text{пр}} = \Delta\psi_{\text{к}} - \Delta\psi_{\text{п}}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta\psi_{\text{пр}}$  - похибка переміщення механізму,

$\Delta\psi_{\text{п}}$  - похибка на початку переміщення,

$\Delta\psi_{\text{к}}$  - похибка на кінці переміщення,

визначає вільний (мертвий) хід механізму, який виникає внаслідок зазорів у кінематичних парах або пружної деформації ланок. Результуюча точність будь якої складної механічної системи визначається точністю її простих складових.

Методи аналізу і синтезу точності механізмів можуть бути аналітичними, графоаналітичними і експериментальними.

Для визначення величин систематичних похибок використано аналітичний метод аналізу точності механізмів, який полягає у наступному. Позначимо координату веденої ланки ідеального механізму  $\psi_0$ , а координату ведучої ланки –  $\psi$  і значення матричних параметрів ланок –  $q_j$ , де  $j=1,2,\dots$  - порядковий номер ланки. Координати  $\psi_0$  і  $\psi$  можуть бути лінійними і кутовими.

В ідеальному механізмі з голономними зв'язками координата  $\psi_0$  має функціональну залежність від багатьох змінних (але не швидкостей):

$$\psi_0 = \psi_0(\varphi, q_1, q_2, \dots, q_n),$$

де параметри  $q_1, q_2, \dots, q_n$  повністю визначають розміри, форму і взаємне розташування ланок механізму. Через наявність первинних похибок  $\Delta q_j$  параметри дійсного механізму відрізняються від ідеальних значень, а тому положення дійсного механізму визначається координатою

$$\psi = \psi_0 + \Delta\psi_{\text{вм}} = \psi(\varphi + \Delta\varphi, q_1 + \Delta q_1, + \dots, q_n + \Delta q_n), \quad (3.5)$$

де  $\Delta\psi_{\text{вм}}$  - похибка положення веденої ланки дійсного механізму;

$\Delta\varphi$  - похибка положення його ведучої ланки.

Похибка  $\Delta q_j$  здебільшого не більша допусків на розміри ланок, тобто мала порівняно із значеннями параметрів  $q_j$ . Врахувавши малість  $\Delta\varphi$  і  $\Delta q_j$ , розкладемо функцію в ряд Тейлора і, обмежуючись тільки нульовими і лінійними його членами, одержимо:

$$\psi = \psi_0 + \Delta\psi_{\text{вм}} = \psi_0(\varphi, q_1, \dots, q_n) + \left(\frac{\partial\psi}{\partial\varphi}\right)_0 \Delta\varphi + \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial\psi}{\partial q_j}\right)_0 \Delta q_j, \quad (3.6)$$

звідки знайдемо наближений вираз для визначення похибки положення дійсного механізму:

$$\Delta\psi_{\text{вм}} = \left(\frac{\partial\psi}{\partial\varphi}\right)_0 \Delta\varphi + \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial\psi}{\partial q_j}\right)_0 \Delta q_j. \quad (3.7)$$

Похибка положення дійсного механізму із ідеальною схемою:

$$\Delta\psi = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial\psi}{\partial q_j}\right)_0 \Delta q_j, \quad (3.8)$$

похибка положення, викликана тільки однією первинною похибкою  $\Delta q_k$  параметра  $q_k$ :

$$\Delta\psi_k = \sum_{j=1}^n \left( \frac{\partial\psi}{\partial q_k} \right)_0 \Delta q_k. \quad (3.9)$$

Виходячи із наведених міркувань, робимо висновок, що часткова похідна:

$$\left( \frac{\partial\psi}{\partial q_k} \right)_0 = \frac{\Delta\psi_k}{\Delta q_k}, \quad (3.10)$$

і є передаточним відношенням похибки  $\Delta\psi_k$  від веденої ланки до ланки  $q_k$ , що містить похибку  $\Delta q_k$ .

Розглянемо конструктивну схему поршневого дозатора для в'язких та пластичних продуктів (рис.3.6) та визначимо величину систематичної похибки під час дозування. Прийmemo припущення про незалежність дії первинних похибок, тобто загальна систематична похибка буде дорівнювати сумі систематичних похибок від різних незалежних параметрів.

Для даної схеми  $q_i = f(a, b, \alpha, \beta)$

$$\Delta X_c = (\Delta X_c)_a + (\Delta X_c)_b + (\Delta X_c)_\alpha + (\Delta X_c)_\beta \quad (3.11)$$

Для визначення похибки переміщення веденої ланки механізму запишемо рівняння для визначення координати  $X_C$ :

$$X_C = b \cdot \cos\beta \pm a \cdot \sin\alpha, \quad (3.12)$$

де “+” – для I чверті системи координат;

“-” – для II чверті системи координат (рис.3.6).

Для подальших розрахунків використаємо співвідношення:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{a \times \cos\alpha - h}{b}\right). \quad (3.13)$$

Визначимо похибку переміщення веденої ланки від дії похибок кожного із параметрів:

- Похибка переміщення від неточності довжини коромисла  $a$ :

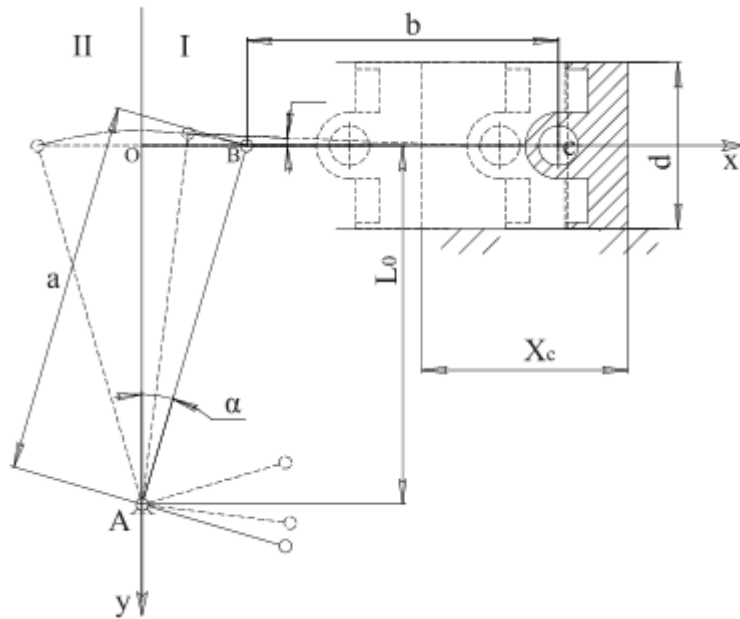


Рис.3.7 Конструктивна схема поршневого дозатора для в'язких та пластичних харчових продуктів:  $d$  – діаметр поршня;  $a$ ,  $b$  – довжини відповідних ланок;  $\alpha$ ,  $\beta$  – кути при вершинах відповідних ланок;  $X_C$  – переміщення веденої ланки механізму;  $L_0$  – відстані від стояка до лінії переміщення поршня

$$(\Delta X_C)_a = \frac{\partial X_C}{\partial a} \cdot \Delta a, \quad (3.14)$$

де  $\Delta a$  - похибка довжини коромисла (враховує допуск на лінійні розміри та граничні відхилення у посадках кінематичних пар)

Знаходимо передаточну функцію  $\frac{\partial X_C}{\partial a}$  :

$$\text{для I чверті - } \frac{\partial X_C}{\partial a} = \sin \alpha; \quad \text{для II чверті - } \frac{\partial X_C}{\partial a} = -\sin \alpha.$$

Отже  $(\Delta X_C)_a = \pm \sin \alpha \cdot \Delta a$ .

- Похибка від неточності довжини шатуна  $b$ :

$$(\Delta X_C)_b = \frac{\partial X_C}{\partial b} \cdot \Delta b, \quad (3.15)$$

де  $\Delta b$  - похибка довжини шатуна (враховує допуск на лінійні розміри та граничні відхилення у посадках кінематичних пар).

$$\frac{\partial X_C}{\partial b} = \cos \beta,$$

Отже  $(\Delta X_C)_b = \cos \beta \cdot \Delta b$ .

- Похибка від положення кута  $\alpha$  коромисла:

$$(\Delta X_C)_\alpha = \frac{\partial X_C}{\partial \alpha} \cdot \Delta \alpha, \quad (3.16)$$

для I четверті -  $\frac{\partial X_C}{\partial \alpha} = a \cdot \cos \alpha$ , для II четверті -  $\frac{\partial X_C}{\partial \alpha} = -a \cdot \cos \alpha$ .

Отже  $(\Delta X_C)_\alpha = \pm a \cdot \cos \alpha \cdot \Delta \alpha$ .

- Похибка від положення кута  $\beta$  шатуна:

$$(\Delta X_C)_\beta = \frac{\partial X_C}{\partial \beta} \cdot \Delta \beta, \quad (3.17)$$

Отже  $(\Delta X_C)_\beta = -b \cdot \sin \beta \cdot \Delta \beta$ .

Тоді загальна похибка положення веденого елемента механізму визначатиметься за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta X_C &= (\Delta X_C)_a + (\Delta X_C)_b + (\Delta X_C)_\alpha + (\Delta X_C)_\beta = \\ &= \pm \sin \alpha \cdot \Delta a + \cos \beta \cdot \Delta b \pm a \cdot \cos \alpha \cdot \Delta \alpha - b \cdot \sin \beta \cdot \Delta \beta. \end{aligned} \quad (3.18)$$

З останньої формули видно, що загальна похибка положення веденої ланки (відповідно і систематична похибка дозування дозатора) будуть мати найбільші значення у I четверті системи координат X-Y (рис. 3.7). Визначимо величину похибки, виходячи з наступних умов:

- деталі дозатора (шатун, коромисло) виконані за 7-10 квалітетом;
- у кінематичних парах застосовано посадки з зазором, 7-10 квалітет (посадки H7/f7, H7/f8, H9/f9, H9/f9 призначені для підшипників ковзання); посадка H7/f7 – мінімальне граничне відхилення 16 мкм, максимальне граничне відхилення 52 мкм; посадка H8/f8 – мінімальне граничне відхилення 16 мкм, максимальне граничне відхилення 70 мкм; посадка H9/f9 – мінімальне граничне відхилення 16 мкм, максимальне

граничне відхилення 102 мкм; посадка Н10/ф10 – мінімальне граничне відхилення 70 мкм, максимальне граничне відхилення 140 мкм.;

- величина похибки дозування для сучасного пакувального обладнання складає  $\pm 1\%$  (відповідно систематична похибка має знаходитись на рівні  $\approx 0,1\%$ ) від величини дози продукту;
  - у якості досліджуваного продукту розглядатимемо сиркову масу;
- Результати розрахунків представимо у вигляді графічної залежності (рис.3.8).

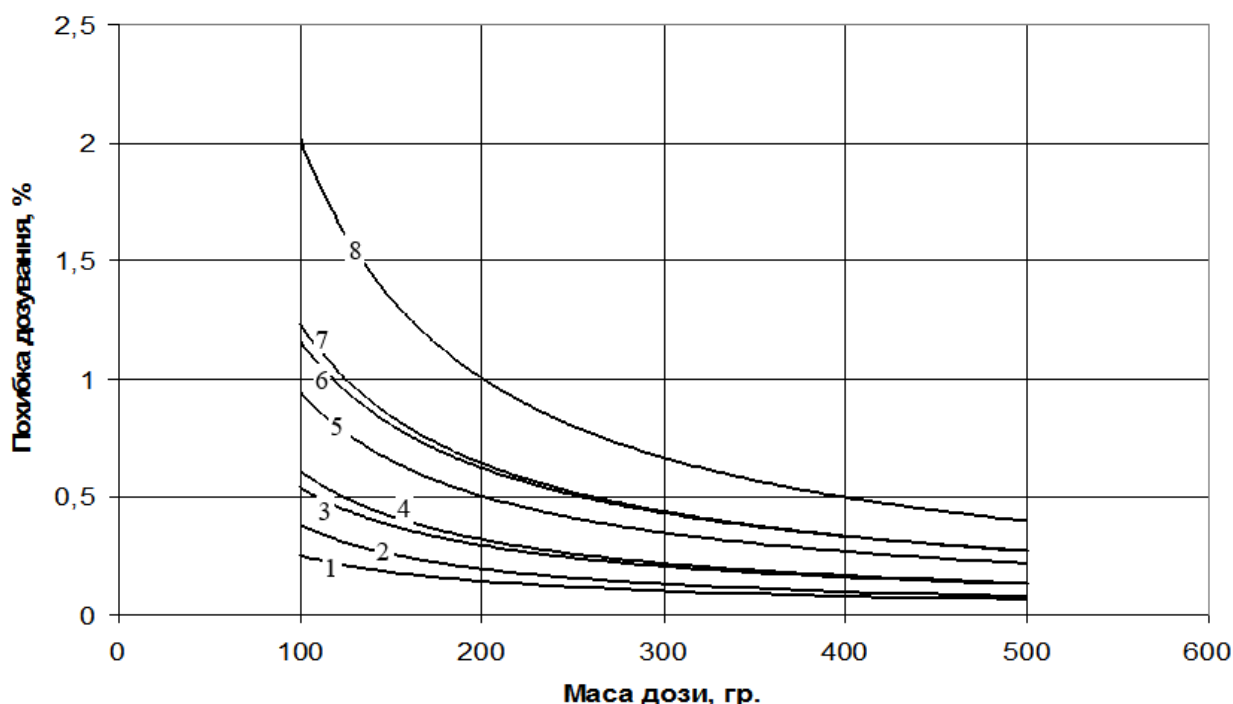


Рис. 3.8. Характер залежності систематичної похибки дозування від точності виготовлення елементів дозатора за різних мас дози продукту

- |                                                  |                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 – 7 квалітет, граничні відхилення мінімальні;  | 2 - 8 квалітет, граничні відхилення мінімальні;   |
| 3 - 7 квалітет, граничні відхилення максимальні; | 4 - 8 квалітет, граничні відхилення максимальні;  |
| 5 - 9 квалітет, граничні відхилення мінімальні;  | 6 - 9 квалітет, граничні відхилення максимальні;  |
| 7 - 10 квалітет, граничні відхилення мінімальні; | 8 - 10 квалітет, граничні відхилення максимальні. |

Витіснення продукту в споживчу тару відбувається через вихідний канал поршневого дозуючого пристрою (рис.3.9). При цьому може спостерігатися і

деяке просочування продукту через зазори, які утворюються між елементами запірних систем та корпусом дозатора. Подібне явище безпосередньо відіб'ється на точності наповнення тари, оскільки увесь продукт, що повертається через щілини в бункер, не потрапить до неї. Таким чином, похибка ваги дози продукту в тарі відобразатиметься тією його кількістю, яка повернеться назад в бункер – живильник.

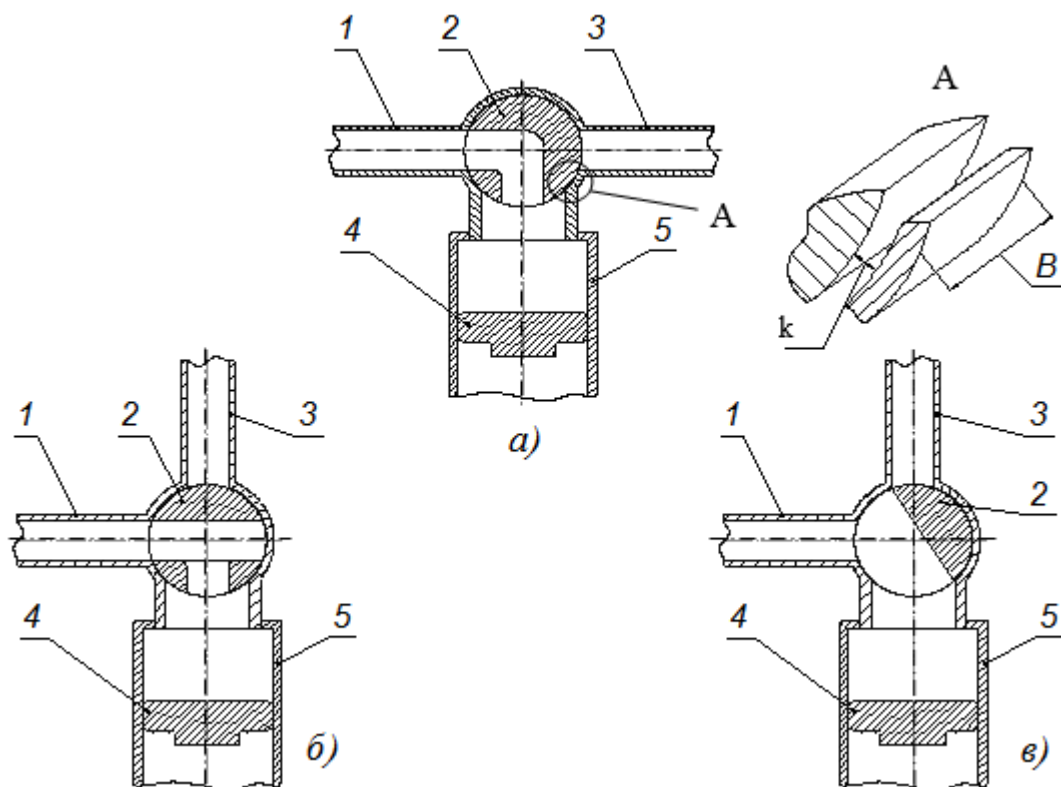


Рис. 3.9. Принципові схеми поршневих дозуючих пристроїв з крановою запірною арматурою: а – з горизонтальною подачею продукту; б, в – з вертикальною подачею продукту: 1 – вихідний канал; 2 – крановий запірний пристрій; 3 – вхідний канал; 4 – поршень; 5 – мірна місткість; к - висота зазору; В – ширина зазору.

Оскільки поперечний розмір щілини малий, а в'язкість продукту велика, течію в щілині можна вважати повзучою плоскою течією. Для спрощення розрахунків вважатимемо, що рух у щілині сталий і тоді можна нехтувати інерційністю продукту.

Розподіл швидкостей у шарі продукту визначається рівнянням:

$$V_x = \frac{1}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times y^2 + C_1 \times y + C_2, \quad (3.19)$$

де  $x$  і  $y$  - координати по довжині та ширині щілини відповідно.

Ввівши граничні умови:

- $V_x = 0, V_y = 0$  при  $y = 0$ ,
- $V_x = 0, V_y = 0$  при  $y = k$ ,

де  $k$  – висота щілини, визначаємо сталі  $C_1, C_2$  підставляючи граничні умови у рівняння (3.19):

$$C_1 = -\frac{k}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx}, \quad C_2 = 0.$$

Отже, закон розподілу швидкості продукту вздовж щілини буде описуватись рівнянням:

$$V_x = \frac{1}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times y^2 - \frac{k}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times y = \frac{1}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times y \times (y - k). \quad (3.20)$$

Визначення швидкості руху продукту у щілині дозволяє визначити його питому витрату за умови, що основний рух відбувається у напрямку руху середовища, тобто вздовж поверхні щілини:

$$\begin{aligned} q &= -\int_0^k V_x dy = -\int_0^k \frac{1}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times y \times (y - k) dy = \\ &= -\frac{1}{2 \times \eta} \times \frac{dp}{dx} \times \left( \int_0^k y^2 dy - \int_0^k y \times h dy \right) = \frac{k^3}{12 \times \eta} \frac{dp}{dx}. \end{aligned} \quad (3.21)$$

З даного рівняння стає можливим визначення величини повної витрати продукту через щілину з урахуванням того, що вона визначається як добуток питомої витрати на ширину щілини:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{12 \times q \times \eta}{k^3}, \quad dp = \frac{12 \times Q \times \eta}{k^3 \times d} dx. \quad (3.22)$$

Проінтегрувавши рівняння, отримуємо, що витрата продукту через щілину:

$$Q_{\text{ВХЦ}} = \frac{k^3_{\text{ВХЦ}} \times d_{\text{ВХЦ}}}{12 \times \eta \times V_{\text{ВХЦ}}} \times (P_{\text{ВХЦ}} - P_{\text{ВЫХЦ}}), \quad (3.23)$$

де  $V_{\text{ВХЦ}}$  – довжина щілини;  $k_{\text{ВХЦ}}$  – висота щілини (приймаємо що її величина стала);  $P_{\text{ВХЦ}}$  – тиск на вході у щілину (тобто зі сторони мірного циліндра);  $P_{\text{ВЫХЦ}}$  – тиск на виході із щілини (зі сторони бункера).

Якщо розглядати рух поршня під час витискування як сталий, то кількість продукту, що перемістився з мірного циліндра через впускний канал, визначатиметься виразом:

$$Q_{\text{В}} = Q_{\text{ВХЦ}} \times t_{\text{ДОЗ}}, \quad (3.24)$$

де  $Q_{\text{ВХЦ}}$  – витрата продукту через впускний канал;  $t_{\text{ДОЗ}}$  – час виштовхування продукту з мірного циліндра.

Отже, основним завданням є відшукування витрати продукту через впускний канал дозатора.

Під час розрахунків приймаємо, що ширина продукту у щілині дорівнює ширині кранового запірною пристрою.

Тиск на вході у щілину буде визначатись за формулою:

$$P_{\text{ВХЦ}} = \Delta P_{\text{П}} - \Delta P_{\text{1ВЫХ}} - \Delta P_{\text{МВЫХ}},$$

де  $\Delta P_{\text{П}}$  – тиск, що створюється поршнем;  $\Delta P_{\text{1ВЫХ}}$  – падіння тиску у випускному каналі;  $\Delta P_{\text{МВЫХ}}$  – падіння тиску за рахунок звуження випускного каналу.

Надлишковий тиск, створений поршнем дозуючого пристрою визначається виходячи з величини зусилля та площі його поверхні:

$$\Delta P_{\text{П}} = \frac{F_{\text{П}}}{S_{\text{П}}}.$$

Величина перепаду тиску у випускному каналі може досягти значної величини і визначається за формулою Пуазейля:

$$\Delta P_{\text{1ВЫХ}} = 32 \times v_{\text{ПР}} \times \rho_{\text{ПР}} \times \frac{l_{\text{ВЫХ}} \times V_{\text{ВЫХ}}}{d_{\text{ВЫХ}}^2}, \quad (3.25)$$

де  $V_{\text{вих}}$  – швидкість переміщення продукту у випускному каналі;  $v_{\text{пр}}$  – кінематична в'язкість продукту;  $\rho_{\text{пр}}$  – щільність продукту;  $l_{\text{вих}}$  – довжина випускного каналу;  $d_{\text{вих}}$  – діаметр випускного каналу.

Падіння тиску при переході з мірної місткості у випускний канал можна знайти за формулою Борда, яка описує зниження тиску під час раптового звуження каналу:

$$\Delta P_{\text{мвих}} = \zeta_{\text{мвих}} \times \rho_{\text{пр}} \times \frac{V_{\text{вих}}^2}{2}, \quad (3.26)$$

де  $\zeta_{\text{мвих}}$  – коефіцієнт місцевого опору.

Тиск на виході з щілини визначається надлишковим тиском, що створюється стовпом продукту у бункері  $P_p$  та падінням тиску під час руху в'язкого середовища по трубопроводу від бункера до дозатора  $\Delta P_{1 \text{ вх}}$ :

$$P_{\text{вихщ}} = P_p - P_{1 \text{ вх}}.$$

Падіння тиску у вхідному трубопроводі може бути визначене за допомогою формули Пуазейля:

$$\Delta P_{1 \text{ вх}} = 32 \times v_{\text{пр}} \times \rho_{\text{пр}} \times \frac{l_{\text{вх}} \times V_{\text{вх}}}{d_{\text{вх}}^2}. \quad (3.27)$$

Визначивши величини тиску на вході та виході із щілини, маємо змогу визначити витрати продукту через щілину між крановою запірною арматурою та корпусом. Знаючи тривалість процесу дозування та витрату продукції через щілину, можна визначити, яка кількість продукту не поступає у споживчу тару. Використавши рівняння (3.27), визначимо похибку дозуючого пристрою для різних типів в'язких продуктів (рис.3.10).

Зрозуміло, що увесь продукт, видавлений в процесі виштовхування з порожнини мірного циліндра у випускний канал, а не в тару, складе похибку у величині порції. Таким чином, чим менше буде ця похибка, або, що теж саме, чим менше буде витрата через випускний канал, тим точнішою буде відміряна доза.

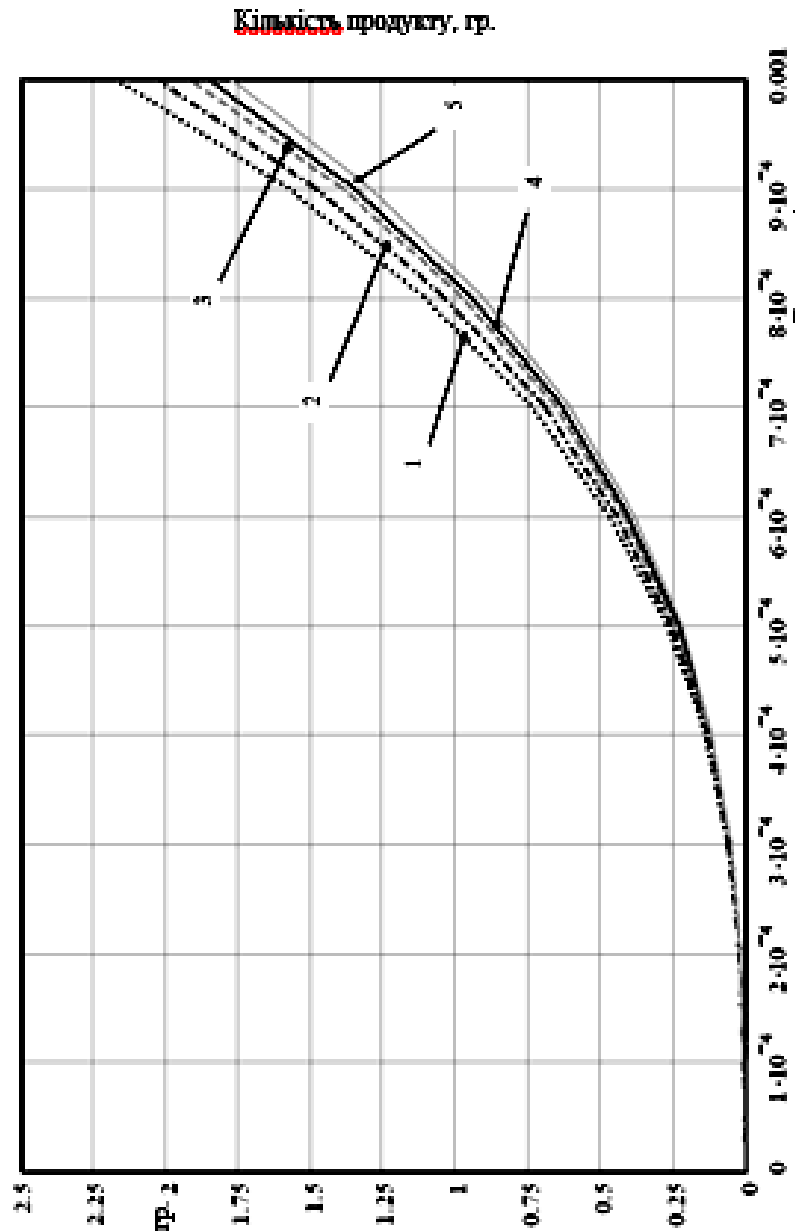


Рис.3.10. Характер залежності між систематичною похибкою дозування в'язкого продукту та величиною щілини: 1 – згущене молоко; 2 – сир плавлений «Хрещатик»; 3 – сиркова маса»; 4 – сметана; 5 – майонез «Оливковий»

### Висновки

1. Наведена методика визначення коефіцієнтів вагомості типових конструкцій дозуючих пристроїв для в'язких продуктів, а їх числові значення представлені у вигляді критеріальних індексів;

2. За результатами аналітичного дослідження встановлено, що кращий показник критеріального індексу має процес, що здійснюється поршнеvim дозатором з крановою запірною арматурою;

3. Запропоновано використовувати удосконалену конструкцію поршня, робочу поверхню якого, у порівнянні з базовою, змінено для усунення одного з основних недоліків поршневих дозувальних пристроїв, а саме неповного видалення продукції з мірної місткості та виникнення при цьому застійних зон;

4. Встановлено залежність систематичної похибки дозування від точності виготовлення елементів запропонованої конструкції дозатора за різних мас дози продукту;

5. Встановлено залежність між систематичною похибкою дозування в'язкого продукту та величиною щілини дозуючого пристрою різних типів в'язких продуктів. Встановлено, що увесь продукт, видавлений в процесі виштовхування з порожнини мірного циліндра у впускний канал, а не в тару, складе похибку у величині порції. Таким чином, чим точніше будуть виготовлені спряжені елементи (циліндр та поршень) тим менше будуть витрати через впускний канал, тим точнішою буде відміряна доза.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 4.1. Розрахунок продуктивності дозатора

Продуктивність розробляемого дозатора повинна узгоджуватись з продуктивністю іншого обладнання лінії по виготовленню сиркової маси та аналогічних молочних продуктів. Так як у нашому варіанті годинна продуктивність автомату  $Q$  повинна перевищувати продуктивність технологічної лінії на випадок непередбачених зупинок, то:

$$Q_p = k \cdot Q, \quad (1)$$

де  $Q$  – задана продуктивність дозатора, ( $Q_{л} = 5400$  упак/год згідно завдання на проектування);

$k$  - коефіцієнт запасу продуктивності, береться в межах  $k=1,1...1,3$ .

Приймаємо попередньо  $k = 1,1$ .

Тоді розрахункова продуктивність буде:

$$Q_p = 1,1 \cdot 5400 = 5940 \text{ упак/год} \quad (2)$$

Час циклу дозатора  $T$  (с), який визначається, як час заповнення однієї, або декілька одночасно заповнених упаковок, знаходимо згідно формули:

$$T = \frac{3600 \cdot k_{я}}{Q_p}, \quad (3)$$

де  $k_{я}$  - кількість упаковок, які одночасно заповнюються,  $k_{я} = 3$ ;

$Q_p$  - продуктивність дозатора,  $Q_p = 5940$  упак/год.

Підставляючи узгоджені параметри в залежність (3) маємо:

$$T = \frac{3600 \cdot 3}{5940} = 1,94 \text{ с} \quad (4)$$

Тобто три упаковки будуть одночасно фасуватися сирковою масою за час циклу  $T \text{ с} = 1,94$  сек.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження, вибір або створення його математичної моделі</b>	<b>230614.KP.12.002 ПЗ</b>				
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш	

Так як в нашому випадку робочі механізми дозатора дублюються тричі і працюють синхронно, то це буде і час заповнення однієї упаковки.

Розміри упаковки яка найбільше використовується для фасування сиркової продуктової маси має розміри: довжину -100 мм; ширину – 75 мм; і висоту 20-40 мм. Об'єм такої упаковки буде рівнятися:

$$V = B \cdot L \cdot H \cdot k_{\text{заповн}}, \quad (5)$$

де  $k_{\text{заповн}}$  – коефіцієнт заповнення споживчої упаковки ( беремо в межах 0,8...0,95).

Об'єм упаковки буде рівнятися:

$$V = 0,1 \cdot 0,075 \cdot 0,04 = 0,0003 \text{ м}^3 \quad (6)$$

Об'ємна щільність продукту згідно даних таблиці 3 буде рівнятися

$$\gamma = 1040 \text{ кг/м}^3$$

Тоді маса продукту яка дозується в споживчу упаковку з врахуванням коефіцієнту заповнення споживчої упаковки буде рівнятися:

$$m = \gamma \cdot V = 0,8 \cdot 0,0003 \cdot 1040 = 0,25 \dots \text{кг}$$

#### 4.2 Технологічна схема машини для дозування в'язких продуктів

Основні вузли пристрою дозування (рис. 4.1): бункер для продукту, шнековий живильник, розподільник, або розподільчий клапан, мірний циліндр (дозуюча камера), дозуюча головка з клапанами..

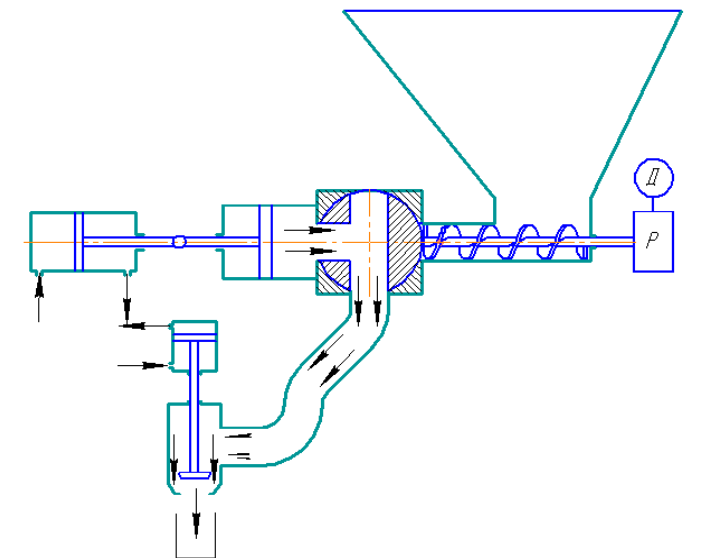


Рис. 4.1 Етап наповнення мірного циліндра

Операції фасування – на першому етапі, з сирної ванни де готується потрібна суміш вона подається в бункер 1, звідки шнековим живильником продукт нагнітається до мірного циліндру. В цей час розподільний клапан повернутий як показано на рис 5.1. На другому етапі розподільчий клапан повертається на кут 90 градусів, з мірного циліндра сиркова маса виштовхується через продуктопровід і дозуючу головку в упаковку (рис. 4.2).

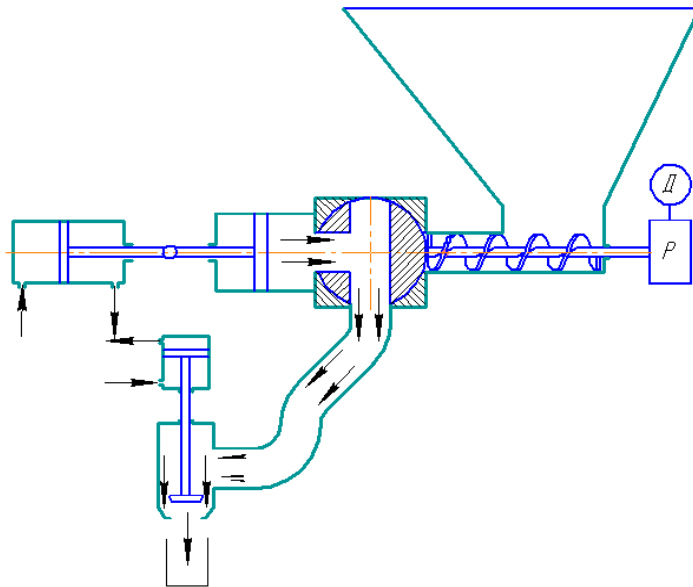


Рис. 4.2 Переміщення дози сиркової маси в упаковку

Привод розподільчого клапану показаний на рисунку 4.3. Тут два пневмоциліндра працюють синхронно так як кінці їх штоків одночасно приєднанні до приводного валу на якому закріплені розподільчі клапана .

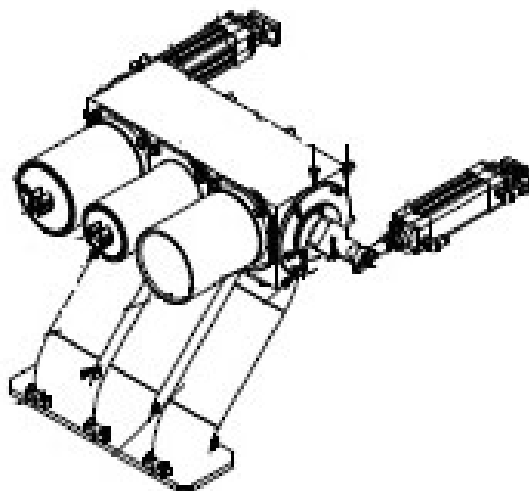


Рис. 4.3 Схема привода розподільчих клапанів

### 4.3 Визначення залежності між зусиллями для дозування сирної маси і його в'язкістю

Під час виготовлення харчової продукції, значну її кількість необхідно дозувати, тобто відокремлювати певну кількість продукту від загальної маси та переміщувати у певному напрямку. В процесі такого переміщення продукт розтягується, стискається, зсувається, тобто знаходиться в умовах напруженого стану. Характер поведінки продукту під дією навантаження визначається його реологічними характеристиками.

Для деяких в'язких харчових продуктів реологія визначається в загальному вигляді законами гідродинаміки та гідравліки. Під дією прикладеного навантаження в такому середовищі починається рух з певною швидкістю, пропорційною величині прикладеного навантаження. Однак, більшість харчових мас, будучи складними багатокomпонентними дисперсними системами, - це суцільні середовища, які не відповідають ні закону Гука, ні закону Ньютона, хоча в той же час вони проявляють за певних умов і пружні властивості, і властивості в'язкої ньютонівської рідини.

Загалом високомолекулярні дисперсні системи поділяють на дві групи: рідко подібні та твердо подібні з поступовим переходом між ними. Якщо дійсно в'язкі рідини характеризуються постійним значенням в'язкості, то структуровані рідини визначаються залежністю ефективної в'язкості від діючого напруження. У більшості випадків в'язкість є найбільш важливою величиною, яка визначає різний стан речовини. З підвищенням в'язкості продукту змінюються вимоги до його дозування, а й відповідно і до конструкції самих дозаторів.

Проведемо розрахунки для визначення залежності між зусиллям на штоці поршневого дозатора і в'язкістю продукту, що дозується. Для цього використаємо формули з попереднього розрахунку поршневого дозатора.

Параметри, що залишаються незмінними і геометричні розміри, значення тисків, об'єм споживчої тари.

Сиркова маса з родзинками:

$$\mu_0 = 1080 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}, \rho = 1040 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$t_H = \frac{W}{\mu \cdot f \sqrt{2g\left(\frac{\Delta P}{g\rho} + H\right)}} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3}}{0.7 \cdot 0.00363 \sqrt{2 \cdot 9.8 \left(\frac{0.04 \cdot 10^6}{9.8 \cdot 1080} + 0.46\right)}} = \frac{0.196773}{8.45671} = 0.023 \text{ с}$$

$$t_e = 3.37 \text{ с}$$

$$P_3 = \frac{32 \cdot \mu_0 \cdot l \cdot D^2 \cdot S}{d_0^4 \cdot t_e} + P_4 = \frac{32 \cdot 1040 \cdot 10^{-4} \cdot 0.06 \cdot 0.1^2 \cdot 0.064}{0.076^4 \cdot 3.37} + 0.1 \cdot 10^6 = 100001.3 \text{ Па}$$

$$R = \frac{3.14 \cdot D^2}{4} \cdot P_3 = \frac{3.14 \cdot 0.1^2}{4} \cdot 100001.3 = 785.1 \text{ Н}$$

Отже, з проведених розрахунків можна зробити висновок:, що результуюча сила на штоки буде рівнятися 785 Н. Безумовно чим більша буде в'язкість продукту, тим більшу силу треба прикласти до штоку, щоб відбулось дозування.

#### 4.4 Розрахунок гвинтового живильника дозуючого

Для подавання в дозатор продукту використаємо живильник у вигляді трійного шнекового конвеєра який представлений на рисунку 4.4 .

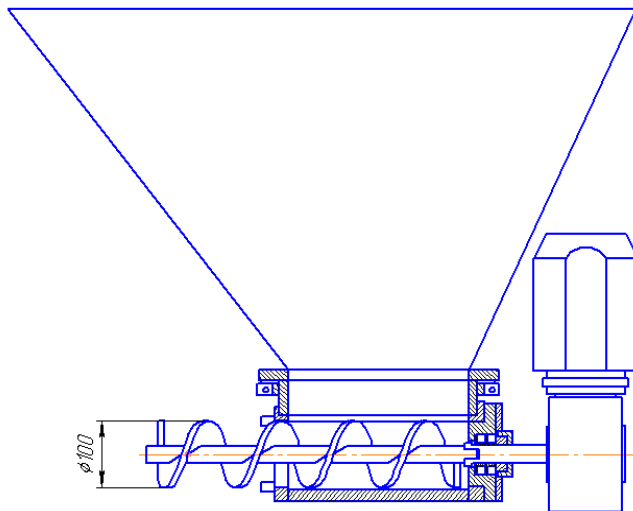


Рис.4.4 Розрахункова схема живильника: 1-корпус; 2- шнек;  
3.-кінцева опора; 4 – привод.

В розрахунку гвинтового живильника використаємо наступні вхідні дані :

- продуктивність –  $Q=5400$  упаковок /год;
- продукт сиркова маса з родзинками;
- відстань між точками переміщення продукту  $L = 500$  мм.

З табл. 3 , вибираємо щільність продукту – сиркової маси ,

$$\gamma_c=1040 \text{ кг/м}^3$$

Маса однієї упаковки як було визначено раніше складає 0,25 кг , тому перерахуємо продуктивність дозатора в масових одиницях:

$$Q_m = Q \cdot m_{\text{упак}} = 5400 \cdot 0,25 = 1350 \text{ кг} / \text{год}$$

Даний параметр будемо використовувати далі в розрахунках.

Коефіцієнт тертя між вантажем і сталеву поверхню вибираємо з відповідних таблиць, так  $\mu = 0,85$  , табл. 1, стор. 6.

Орієнтовно вибираємо зовнішній діаметр гвинта згідно ГОСТ 2037-82 рівний :

$$D=100 \text{ мм.}$$

Для нормальної роботи шнекового дозатора визначимо частоту обертання шнека в залежності від його діаметра і властивостей продукту:

$$n_{\text{ш}} = \frac{A_B}{\sqrt{D_{\text{ш}}}}$$

де  $A_B$  - коефіцієнт, який залежить від характеру вантажу, сиркова маса досить важка та мало абразивна (табл.. 53).

$$n_{\text{ш}} = \frac{A_B}{\sqrt{D_{\text{ш}}}} = \frac{45}{\sqrt{0,5}} = 63,64 \text{ об/хв}$$

Згідно ГОСТ 2037-82  $n_{\text{шн}}=60$  об/хв.

В залежності від вантажу визначаємо крок гвинта

$$t_{\text{ш}} = (0,5 \dots 1) D_{\text{ш}} , \text{ або}$$

$$t_{\text{ш}} = 0,5 \cdot D_{\text{ш}} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ мм}$$

Перевіримо продуктивність конвеєра

$$Q = 47 \cdot \Psi \cdot \gamma_B \cdot t \cdot n_{zg} \cdot D_{zg}^2 \cdot k,$$

де  $\Psi = 0,25$  приймаємо по табличним даним в залежності від характеру вантажу і  $k$  – від кута нахилу конвеєра.

Тут  $\Psi$  - коеф. заповнення поперечного перерізу гвинта, який залежить від типу вантажу, по таб. 5.3(1) для сиркової маси 0,25;

$\gamma_B$  – коефіцієнт який враховує кут нахилу гвинтового конвеєра, для горизонтальних -  $\gamma_B = 1,0$  (с.240(1));

$$Q_m = 47 \cdot 0,25 \cdot 1040 \cdot 0,05 \cdot 60 \cdot 0,1^2 \cdot 1,0 = 1364 \text{ кг / год}$$

Розрахункова продуктивність  $Q_p$  і задана  $Q$  знаходяться в межах  $\pm 5\%$ , то попередні розрахунки залишають. Швидкість переміщення сиркової маси вдовж жолоба живильника

$$V = \frac{t \cdot n_{zg}}{60} = \frac{0,05 \cdot 60}{60} = 0,05 \text{ м/с,}$$

Тут крок шнека  $t$  в м,  $n_{zg}$  в об/хв.

Погонне навантаження від сиркової маси

$$q_b = \frac{Q_p}{3,6 \cdot V} = \frac{1364 \cdot 10^{-3}}{3,6 \cdot 0,05} = 2,04 \text{ кг/м,}$$

Необхідна потужність на валу шнек для переміщення заданої маси продукту визначиться з залежності:

Потужність електродвигуна на валу гвинта:

$$N_0 = \sum_{i=1}^7 W_i \cdot V,$$

Тут  $W_1$  - зусилля опору переміщення вантажу вздовж гвинта для підйому.

$$W_1 = q_B \cdot l \cdot \sin \beta_1 = 2,04 \cdot 0,5 \cdot \sin 0 = 0,$$

де  $\beta$  - кут нахилу конвеєра;  $l$  - довжина конвеєра;  $W_2$  - зусилля опору переміщення вантажу від тертя вантажу по жолобу.

$$W_2 = q_B \cdot l \cdot f_* \cos \beta = 2.04 \cdot 0.54 \cdot 0.37 = 0.41,$$

де  $f_*$  - коефіцієнт тертя вантажу по жолобу;

$W_3$  - зусилля вздовж гвинта внаслідок наявності тертя гвинта по вантажу

$$W_3 = \frac{(W_1 + W_2) \cdot f_{ze} \cdot \pi \cdot D_{ze}}{t} = \frac{0,41 \cdot 0,37 \cdot 3,14 \cdot 100}{50} = 0,96,$$

$f_{ze}$  - коефіцієнт тертя вантажу по поверхні гвинта;

$W_4$  - зусилля, еквівалентне моменту тертя в підвісних підшипниках.

$$W_4 = k_4 \cdot l \cdot D^3 / t = 0$$

де  $k_4 = 1250 \dots 1500 \text{ Н/м}^3$  - питомий опір переміщенню;

Так як підвісних підшипників нема по і опір руху вдовж них дорівнює 0.

$W_5$  - зусилля, еквівалентне моменту тертя в упорних підшипниках.

$$W_5 = \frac{(W_3 + W_4) \cdot D_{ze} \cdot f_n}{t} = \frac{0,96 \cdot 100 \cdot 0,37}{50} = 0,71$$

де  $f_n$  - коефіцієнт тертя вантажу по корпусу підшипника;

$W_6$  - зусилля, еквівалентне внутрішньому тертю в

транспортуючому вантажі:

$$W_6 = \frac{(1 - k_2) \cdot q_B \cdot l \cdot \pi \cdot D_{ze} \cdot f_B}{t} = \frac{(1 - 0,6) \cdot 2,04 \cdot 0,54 \cdot 3,1415 \cdot 0,1 \cdot 0,25}{0,05} = 0,69,$$

де  $k_2$  - швидкісний коефіцієнт,  $k_2 = 0,6 \dots 0,7$  (по дослідним даним);

$f_B$  - коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу;

$W_7$  - втрати на внутрішнє тертя в порціях вантажу, яке збирається біля підвісних підшипників:

$$W_7 = \frac{\ln^2 \cdot D_{ze}^2 \cdot \pi \cdot f_B \cdot \rho \cdot z \cdot \text{tg} \varphi}{t} = 0,$$

де  $\ln$  – відстань між підшипниками;

$z$  – кількість підвісних підшипників;

$\varphi$  - кут природного укусу вантажу.

Потужність електродвигуна на валу гвинта:

$$N_0 = \sum_{i=1}^7 W_i \cdot V = (0,69 + 0,71 + 0,96 + 0,41) \cdot 0,05 = 0,14 \text{ кВт},$$

Так як конвеєр горизонтальний, то вибираємо схему приводного механізму конвеєра, який складається із двигун-редуктора, муфти та упорних підшипників (рис. 4.5).

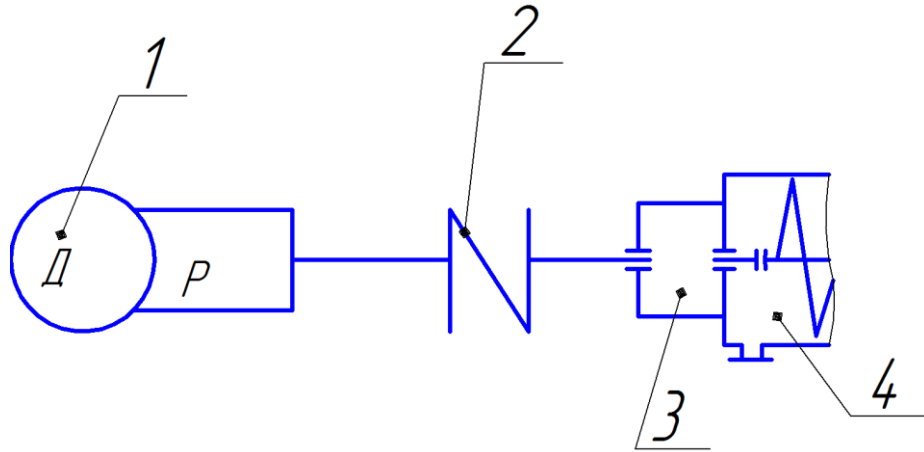


Рис.4.5. Кінематична схема приводу шнекового живильника

Загальний коефіцієнт корисної дії приводу

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{д.р.}} \cdot \eta_{\text{м}} = 0,83 \cdot 0,99 = 0,82$$

тут  $\eta_{\text{д.р.}}$  - ККД мотор -редуктора ,  $\eta_{\text{м}}$  - ККД муфти

Розрахункова потужність електродвигуна

$$N_{\text{ов}} = \frac{0,14 \cdot}{0,82} = 0,18 \text{ кВт}$$

З каталогу за частотою обертання шнека та розрахованою потужністю вибираємо мотор – редуктор МПз2-31,5 якій має наступні характеристики

Визначимо інші кінематичні параметри приводу шнекового живильника:

момент кручення на приводному валу

$$T = 9550 \frac{0,18 \cdot}{60} = 28,65 \text{ Н.м}$$

кутова швидкість обертання шнека:

$$\varpi = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,26 \text{ рад/сек}$$

Передаточне число редуктора  $u = 31,5$

Найбільше повздовжнє зусилля, яке діє на гвинт шнека

$$P_{z6} = \frac{2 \cdot T}{K \cdot D \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)} = \frac{2 \cdot 28,65 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 0,1 \cdot \text{tg}38} = 978,2 \text{ Н}$$

де  $K$  - коефіцієнт, який враховує величину радіуса гвинта, по якому діє повздовжня сила  $P_{z6}$ ;  $K=0,7 \dots 0,8$ ;

$\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії гвинта на радіусі гвинта

$$\text{tg} \alpha = \frac{t_{z6}}{2 \cdot \pi \cdot r_{z6}} = \frac{0,05}{2 \cdot \pi \cdot 0,05} = 0,159 \dots \alpha = 9,034 \text{ град}$$

$\rho_B$  - кут тертя між вантажем і поверхнею гвинта

$$\text{tg} \rho_B = \mu = 0,37, \rho_B = 20^\circ 20'$$

Діаметр вала гвинта із умови міцності на кручення

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{28,65 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 16,839 \text{ мм}$$

де  $[\tau]$  - допустима напруга на кручення,  $[\tau]=20 \dots 30$  МПа.

Отримане значення збільшуємо на 10% і округлюємо до найближчого стандартного. Приймаємо  $d = 20$  мм

#### 4.5 Розрахунок поршневого дозатора та вибір пневмоциліндра

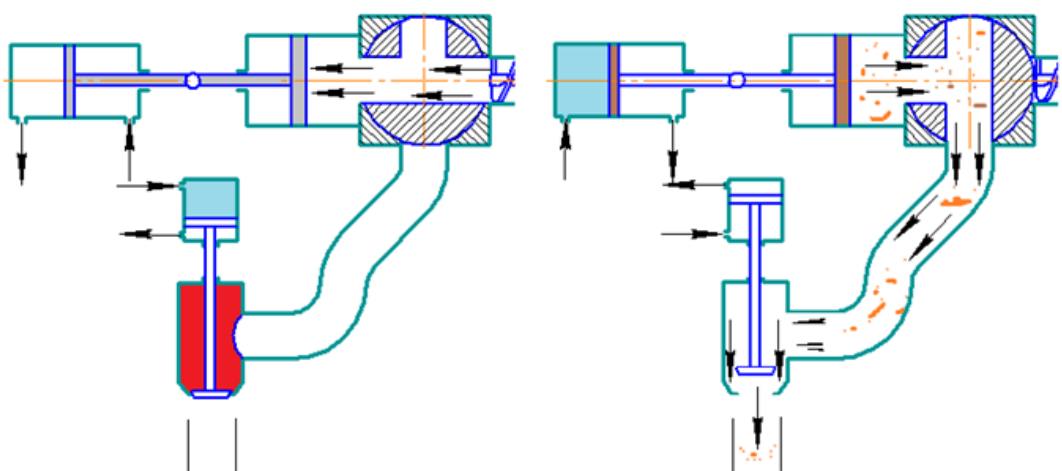


Рис. 4.6 Послідовність операцій процесу дозування сиркової маси

Вихідні дані для розрахунку дозуючого пристрою: продукт – сиркова маса з родзинками ,  $\rho = 1040 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $V = W = 0.0003 \text{ м}^3$ ,  $Q_p = 90 \text{ упак/хв.}$ ,

$P_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $P_m = 0,5 \text{ МПа}$ ,  $P_2$  (тиск всмоктування) =  $0,06 \text{ МПа}$ ,  $d_1 = 0.068 \text{ мм}$ ,  
 $D = 0.82 \text{ м}$ ,  $P_4 = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $H = 0,46 \text{ м}$ ,  $l = 0.06 \text{ м}$ ,  $\mu_0 = 3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $T_k = 4,4 \text{ с}$ .

Розрахункова схема дозуючого пристрою показана на рис. 4.7.

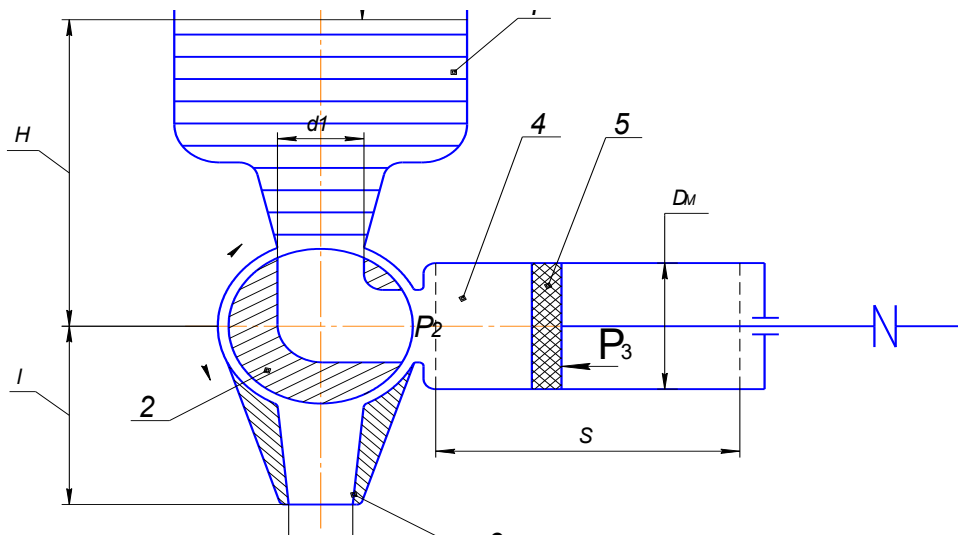


Рис.4.7 Розрахункова схема дозатора: 1.-проміжна ємність в зоні шнекового живильника; 2.- перемикач потоків; 3.- дозуюча головка; 4.- мірна ємність; 5.- поршень дозатора.

Тривалість процесу дозування:

$$T_k = t_H + t_e + t_{\text{вк}}$$

де  $T_k$  - кінематичний цикл (тривалість), с

$t_H$  - час наповнення, с

$t_e$  - час випорожнення, с

$t_{\text{вк}} = 1,0 \text{ с}$  – час включення, виключення запірної арматури

Час наповнення визначаємо згідно залежностей для Ньютонівської рідини

$$t_H = \frac{W}{\mu_f \sqrt{2g \left( \frac{\Delta P}{\rho g} + H \right)}}$$

де  $f$  – ефективна площа,  $\text{м}^2$ ;

$$f = \frac{\pi d_1^2}{2 \cdot 2} = \frac{3.14 \cdot 0.068^2}{4} = 0.00363 \text{ м}^2$$

$\mu = 0,6..0,7$  - безрозмірний гідравлічний коефіцієнт;

$\Delta P = P_1 - P_2$  - різниця атмосферного тиску і тиску, що створюється розрідженням в порожнині при переміщенні поршня;

$W$  - об'єм споживчої упаковки,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  –  $[\text{кг} / \text{м}^3]$  - густина продукту;

$$\Delta P = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ МПа} = 0,04 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$t_H = \frac{0.5 \cdot 10^{-3}}{0.7 \cdot 0.00363 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.8 \left( \frac{0.04 \cdot 10^6}{9.8 \cdot 1200} + 0.46 \right)}} = \frac{0.196773}{3.935} = 0.05 \text{ с}$$

Час випорожнення:  $t_e = T_k - (t_H + t_{ок}) = 6 - (0,05 + 1,0) = 4,55 \text{ с}$

Прийнявши припущення, що продукція з насадки переміщується ламінарно і  $\mu_0 = \text{const}$  використаємо формулу Пуазейля для визначення витрат продукції з насадки  $W_0$ .

$$W_0 = (P_3 - P_4) \cdot \frac{\pi \cdot d_0^4}{128 \cdot \mu_0 \cdot l}$$

$\mu_0$  - в'язкість продукції,  $\text{Па} \cdot \text{с}$  (динамічна в'язкість)

$P_3$ - тиск, що створює поршень при випорожненні мірного циліндра за час випорожнення.

$P_4$  - тиск на виході з насадки.

$$W_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_e; \quad v_e = \frac{S}{t_e}; \quad S = \frac{4W_0}{\pi \cdot D^2}; \quad (P_3 - P_4) \cdot \frac{\pi \cdot d_0^4}{128 \cdot \mu_0 \cdot l} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{S}{t_e}$$

$$P_3 = \frac{32 \mu_0 l D^2 S}{d_0^4 \cdot t_e} + P_4$$

Знаходимо  $\min$  та  $\max$  хід поршня  $S = \frac{4W_0}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 0.082^2} = 64 \text{ мм}$

$$S_{\max} = \frac{4W_{\max}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.8 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 0.82^2} = 112 \text{ мм}$$

Знаходимо швидкості випорожнення і наповнення:

$$v_6 = \frac{S}{t_6} = \frac{0,064}{3,35} = 0,019 м/с$$

$$v_H = \frac{S}{t_H} = \frac{0,064}{0,05} = 1,28 м/с$$

$$P_3 = \frac{32 \cdot \mu_0 \cdot l \cdot D^2 \cdot S}{d_0^4 \cdot t_6} + P_4 = \frac{32 \cdot 3 \cdot 0,06 \cdot 0,1^2 \cdot 0,064}{0,076^4 \cdot 4,55} + 0,1 \cdot 10^6 = 100032,984 Па$$

При виборі пневмоциліндра результуючу силу на штоці знаходимо за формулою:

$$R = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} (P_m - P_3),$$

де  $d_u$  - діаметр поршня пневмоциліндра, м;

$P_m$  - тиск в магістралі, МПа (0,05...0,06 МПа)

$$R_T = \frac{3,14 \cdot 0,082^2}{4} (500000 - 100032,984) = 0,000804 \cdot 399967 = 321,6 Н$$

$$R_u = \frac{3,14 \cdot 0,082^2}{4} 500000 = 401,92 Н$$

згідно з розрахунками:

- сила, що штовхає  $R_u = 401,92 Н$ ;
- сила, що тягне  $R_T = 321,6 Н$ .

## РОЗДІЛ 5

### ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

#### 5.1 Визначення основних принципи автоматизованого управління машиною для пакування в'язких харчових продуктів

Сучасне виробництво харчових продуктів потребує високого рівня автоматизації, особливо в пакувальних процесах, де точність, швидкість і якість роботи мають критичне значення. В'язкі продукти, такі як сиркова маса, потребують специфічного підходу до пакування через свою текстуру та вимоги до дозування. Метою автоматизації пакувальної техніки є забезпечення стабільної продуктивності, підвищення точності фасування, зниження впливу людського фактора та оптимізація витрат.

Основні принципи автоматизованого управління:

##### 1. Принцип точного дозування

Точність дозування є критичним аспектом в пакуванні в'язких продуктів. В'язкість таких продуктів, як сиркова маса, може варіюватися в залежності від температури, вологості або добавок, тому машина для пакування повинна мати механізми, які точно дозують потрібну кількість продукту в упаковку. Система автоматизації повинна мати вбудовані датчики, які фіксують кількість, вагу або об'єм продукту, що подається. Зазвичай використовуються електронні ваги або ваги з високою точністю, а також механізми, що вимірюють об'єм, наприклад, поршневі або шнекові дозатори. Датчики подають інформацію до контролера, який автоматично коригує подачу продукту для досягнення потрібної кількості в упаковці. Цей принцип дозволяє уникнути перевитрат і гарантує, що кожна упаковка містить точну кількість продукту, що важливо для збереження стабільної якості та економії ресурсів.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М.В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ</b>	<b>221866.КР.26.005ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

## *2. Принцип адаптивності до консистенції продукту*

В'язкість продукту може змінюватися через різні фактори, такі як температура або склад продукту. Сиркова маса, наприклад, може мати різну консистенцію в залежності від вмісту вологи, що істотно впливає на дозування. Тому важливо, щоб система автоматичного управління могла адаптувати свої налаштування залежно від зміни цих параметрів. Інтелектуальні алгоритми дозволяють змінювати швидкість роботи дозаторів, час подачі і механізм руху в залежності від змін в'язкості продукту. Наприклад, при зменшенні в'язкості продукту система може зменшити швидкість подачі, а при збільшенні в'язкості — збільшити швидкість, щоб уникнути застрягання чи нерівномірного заповнення упаковки. Для цього в машині використовуються датчики, які вимірюють в'язкість у режимі реального часу, а також механізми, що коригують процес дозування в залежності від вхідних даних.

## *3. Принцип безперервного контролю якості*

Для забезпечення стабільної якості пакованої продукції необхідно постійно контролювати параметри фасування. Це включає контроль за кількістю продукту в упаковці, відсутністю забруднень або дефектів упаковки, рівнем герметичності та збереженням гігієнічних стандартів. Машини для пакування повинні бути оснащені датчиками, які вимірюють ці параметри в реальному часі. Система управління отримує ці дані і може зупинити роботу машини або сигналізувати оператору про будь-яке відхилення від норми. Це дає змогу швидко коригувати параметри процесу фасування та запобігати випуску неякісної продукції. Безперервний контроль якості також включає перевірку герметичності упаковки для запобігання витіканню продукту або змішанню з іншими компонентами.

## *4. Принцип швидкої налаштуваності та переналагодження*

Пакувальні машини повинні бути здатні швидко адаптуватися до різних типів упаковки та варіантів дозування. У разі зміни продукту або упаковки,

наприклад, при переході від одного виду сиркової маси до іншого або при зміні розміру тари, система управління має дозволяти швидко переналаштувати всі параметри машини без зупинки виробничого процесу. Це досягається через сенсорні інтерфейси, які дозволяють операторам швидко вводити нові налаштування без зайвих труднощів. Інтерфейси зазвичай оснащені програмними алгоритмами, що забезпечують автоматичне налаштування швидкості подачі, тривалості дозування та інших параметрів без необхідності вручну проводити складні налаштування. Це дозволяє знижувати час на переналагодження і підвищує ефективність виробництва.

#### *5. Принцип енергозбереження*

Автоматизовані системи управління мають функції енергозбереження, що дозволяють оптимізувати споживання енергії під час роботи пакувальних машин. Наприклад, автоматичне зменшення потужності системи при бездіяльності або під час простою допомагає знизити витрати на електроенергію. В деяких системах використовуються енергозберігаючі приводи, які можуть адаптувати свою потужність залежно від потреби в енергії для виконання певних операцій. Це дозволяє зменшити витрати на експлуатацію обладнання, що має важливе значення для підприємств, які прагнуть до зниження собівартості продукції та підвищення енергоефективності.

#### *6. Принцип інтеграції у виробничий процес*

Автоматизація пакувальних машин дозволяє інтегрувати їх у загальний виробничий процес. Машини можуть бути підключені до системи управління виробничою лінією, що дозволяє отримувати дані про рівень продукції, її тип, кількість пакувальних одиниць та інші важливі показники. Завдяки цьому можна здійснювати планування виробничих процесів, контролювати запаси матеріалів і швидко реагувати на зміни в умовах роботи. Інтеграція в єдину систему дозволяє досягати високого рівня автоматизації, оптимізувати процеси та знизити витрати на операційну діяльність.

## *7. Принцип гігієнічності та безпеки*

Гігієна та безпека є одними з найбільш важливих аспектів у харчовій промисловості, і автоматизовані системи управління забезпечують високу гігієнічність процесів пакування. Машини оснащуються системами автоматичного очищення та стерилізації, які гарантують відсутність контакту з продуктом після завершення процесу пакування. Крім того, системи управління забезпечують безпеку оператора за допомогою автоматичних зупинок у разі нештатних ситуацій або виникнення небезпеки. Наприклад, датчики можуть виявити перевищення температури, механічні поломки або аварії в системі, і негайно зупинити процес для уникнення пошкоджень або небезпечних ситуацій. Автоматизоване управління дозволяє знизити ризики для здоров'я споживачів і поліпшити умови праці операторів

### **5.2. Опис схеми автоматизації**

Розвиток техніки та технологій у промисловості вимагає від розробників автоматичних систем управління більш сучасного підходу до вирішення завдань. Використання мікропроцесорної техніки для автоматичного регулювання та управління технологічними процесами дозволяє вирішувати більш складні завдання. Впровадження нових технологій упаковки харчових продуктів та полімерних матеріалів призводить до створення нового покоління машин і автоматів зі складною кінематичною схемою, для яких необхідно здійснювати контроль, регулювання робочих операцій, їх взаємодію, настройку та переналадку.

Впровадження складних систем автоматизації призводить до збільшення вартості машин і автоматів, проте в цілому дозволяє підвищити їх продуктивність, знизити енергоспоживання і зменшити затрати на ручну працю. Для керування машинами і автоматами використовуються програмовані контролери різної складності, які можуть використовуватись з різними типами обладнання.

Головною задачею при проектуванні систем автоматичного управління є знаходження найбільш оптимального варіанту використання компонентів та обладнання. Для зниження вартості автоматизованих систем управління важливо використовувати доступні та недорогі комплектуючі.

### 5.3. Специфікація на засоби автоматизації

Позиція	Найменування	Тип	Примітка
1	2	3	4
1a – 9a	Фотодатчики. Сенсорний датчик.	SME 3120 LPGD	Banner Engineering Corporation. Minneapolis, MN 55441

### Висновки

Впровадження систем контролю і регулювання дозволяє зменшити ручну працю та поліпшити умови праці, зменшити вірогідність аварійних ситуацій, покращити якість продукції, знизити собівартість продукції, збільшити продуктивність обладнання та зменшити втрати сировини, палива і енергії. Ці заходи призводять до високої економічної ефективності.

## 5.4 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

5.4. Розроблення технологічного процесу складання пневматичного циліндра

Для відкриття і закриття клапанів верхнього та нижнього завантажувальних отворів в модернізованому завантажувально-розподільному пристрої застосовуються пневмоциліндри. До їх передніх та задніх кришок від повітророзподільного крана підходять шланги, які закінчуються штуцерами. По одному з них надходить стиснене повітря, а по другому – повітря випускається в атмосферу. Під дією стисненого повітря поршень зі штоком переміщується. Для запобігання витoku стисненого повітря передбачені гумові прокладки і манжети 7 та 16. Нерухомість всіх деталей забезпечується їх з'єднанням болтами 15, шпильками 10 і гайками 11.

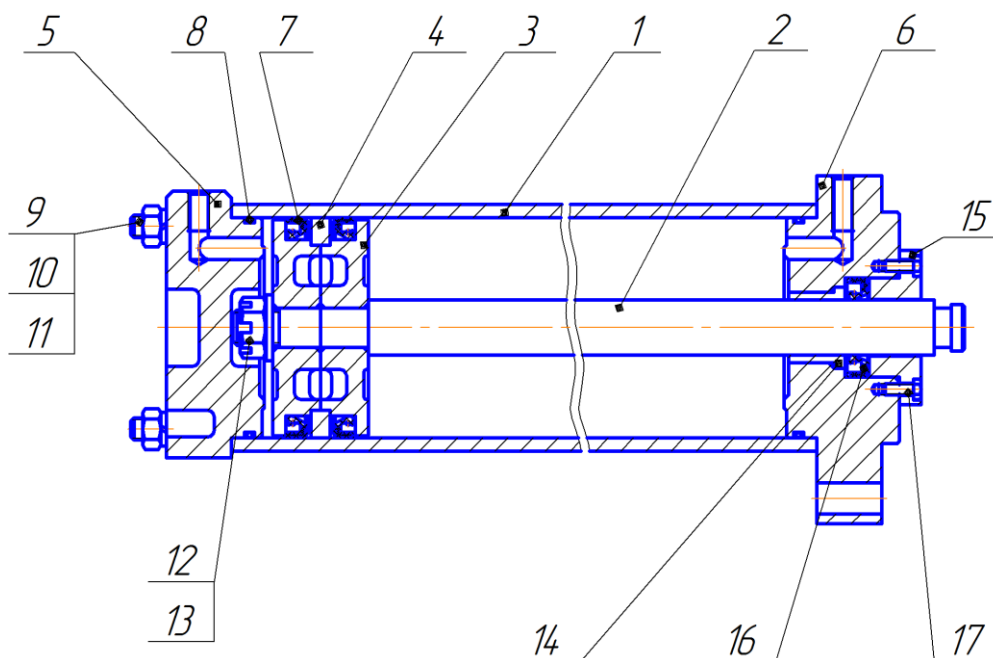


Рис. 5.1. Пневмоциліндр клапанів

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, виборі обґрунтування основного напрямку дослідження</b>	<b>230614.КР.12.001 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

Таблиця 5.1. Подетальний склад пневмоциліндра

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус	1	10	Гайка М10×1,5	4
2	Шток	1	11	Шайба 10	4
3	Поршень	1	12	Гайка М16×1,5	1
4	Втулка	1	13	Шайба 16	1
5	Задня кришка	1	14	Втулка	1
6	Передня кришка	1	15	Кришка ущільююча	1
7	Манжета 1.1-80x105-1	2	16	Манжета 1.1-25x42-1	1
8	Кільце	2	17	Болт М5×14	4
9	Шпилька М10×42	8			

З аналізу конструкції пневмоциліндра (рис.5.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – поршень, Ск.3 – кришка передня, Ск.4 – кришка задня, а також окремі стандартні деталі – кільце 8, шайби 11 і гайки 10.

Схема складання пневмоциліндра представлена діаграмою на рис.5.2.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано

найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді; Вр – складання на верстаті; К – кантування; С – свердлильні роботи; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

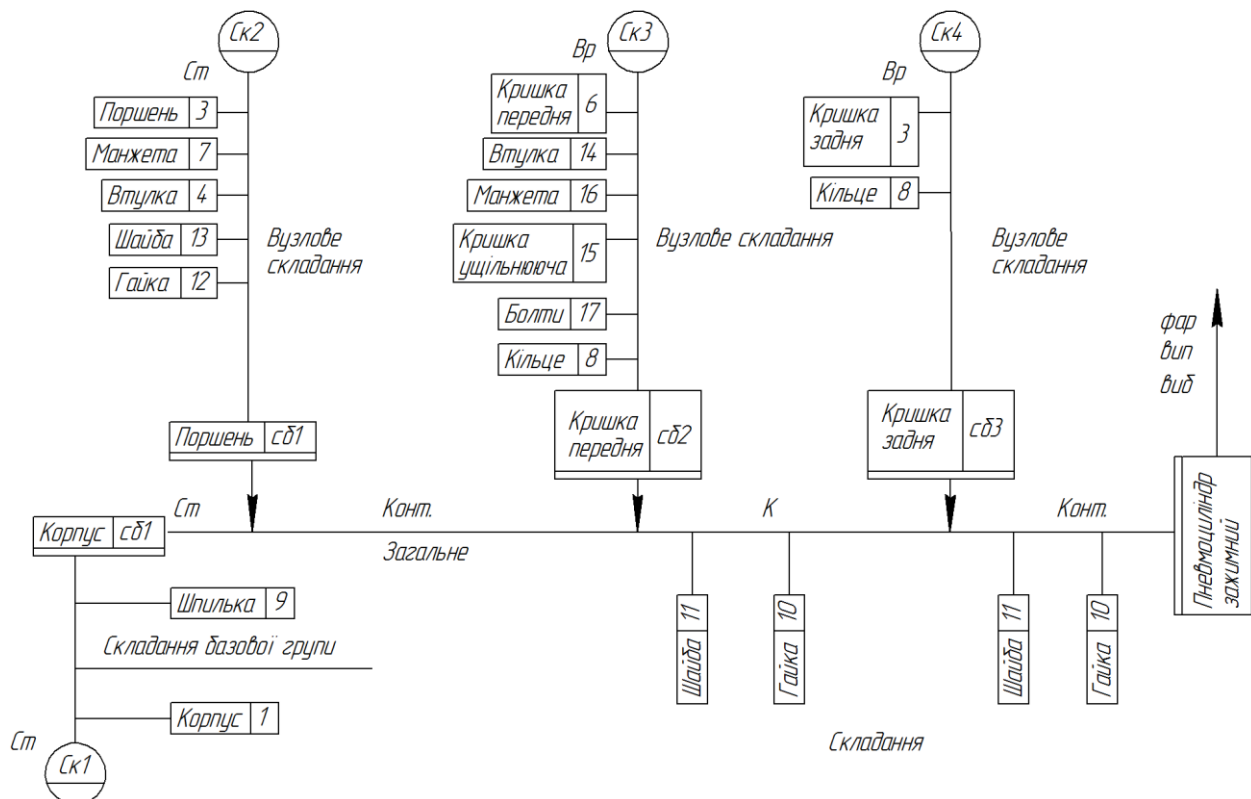


Рис. 5.2. Технологічна схема складання пневмоциліндра

Таблиця 5.2. Технологічний маршрут складання пневмоциліндра

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1. Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки 10.(3-6). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта) 10.7. Переустановити корпус і закріпити 10.(8-11). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з

	використанням шпильковерта)
20. Збирання поршня (Ск. 2)	<p>20.1. Установити поршень на складальному стенді і закріпити його</p> <p>20.2. Очистити канавки поршня</p> <p>20.3. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на задню частину поршня</p> <p>20.4. Надіти втулку на задню частину поршня</p> <p>20.5. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на передню частину поршня</p> <p>20.6. З'єднати передню та задню частини поршня</p> <p>20.7. Встановити шток в поршень</p> <p>20.8. Встановити шайбу на шток</p> <p>20.9. Накрутити гайку М16 притримуючи шток від провертання</p> <p>20.10. Встановити складальний вузол «поршень Ск. 2» в «корпус Ск. 1».</p>
30. Збирання передньої кришки	<p>30.1 Установити передню кришку на складальному стенді і закріпити її</p> <p>30.2. Очистити отвір підведення стисненого повітря</p> <p>30.3. Очистити отвори для болтів від стружки</p> <p>30.4. Встановити втулку</p> <p>30.5. Встановити манжету 1.1-25x42-1</p> <p>30.6. Встановити ущільнюючу кришку</p> <p>30.7. Закрутити болт М5x14</p> <p>30.8. Встановити ущільнююче кільце</p> <p>30.9. Встановити складальний вузол «передня кришка Ск. 3» в «корпус Ск. 1».</p> <p>30.(10-13). Встановити шайби на шпильки</p> <p>30.(13-16). Накрутити гайки М10x1,5</p>

40. Збирання задньої кришки	40.1 Установити задню кришку на складальному стенді і закріпити її 40.2. Очистити різьбові отвори та отвір підведення стисненого повітря від стружки 40.3. Встановити ущільнююче кільце 40.4.Встановити складальний вузол «задня кришка Ск. 4» в «корпус Ск. 1». 40.(5-8). Встановити шайби на шпильки 40.(9-12). Накрутити гайки M12×1,5
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

## РОЗДІЛ 6

### ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

#### *6.1. Вимоги охорони праці під час роботи з пневматичним приводом*

Працюючи з пневматичним приводом (далі - пневмопривод) працівник зобов'язаний стежити, щоб:

- 1) робоча частина пневмоприводу не мала пошкоджень, тріщин, вибоїн та задирок;
- 2) бічні грані пневмоприводу не мали гострих ребер;
- 3) шток приводу хвостовик був рівним, без сколів і тріщин, відповідав розмірам втулки, був щільно пригнаний і правильно центрований.

Для пневмоприводу використовуються гнучкі шланги. Забороняється використовувати шланги, що мають пошкодження.

Приєднувати шланги до пневмоприводу та з'єднувати їх між собою необхідно за допомогою ніпелів або штуцерів та стяжних хомутів. Приєднувати шланги до пневмоприводу та з'єднувати їх між собою будь-яким іншим способом забороняється.

З'єднання між шлангом і пневмоприводом, а також між шлангом і лінією повинні бути вільними від повітря.

Перед підключенням шланга до пневмоприводу необхідно очистити повітряну лінію, а після підключення шланга до лінії - шланг. Під час очищення закріпіть вільний кінець шланга.

Пневмопривод повинен приєднуватися до шлангу після прочищення сітки у футорці. Підключення шланга до повітряної магістралі та пневмоприводу, а також його від'єднання повинні проводитися при закритій запірній арматурі. Шланг повинен розміщуватися так, щоб була виключена можливість випадкового пошкодження або наїзду на нього транспортом.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Назва, охорона праці при виконанні наукових досліджень</b>	<b>230614.КР.12.004 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

Натягувати та перегинати шланги пневмоприводу під час роботи забороняється. Не допускається також перетин шлангів тросами, кабелями та рукавами газозварювання. Подавати повітря до пневмоприводу слід лише після встановлення його у робоче положення. При використанні пневмоприводу забороняється наступне

- 1) Працювати при непродуктивних втратах повітря з магістралі;
- 2) Роботи з рухомими частинами пневмоприводу без захисних засобів;
- 3) Виправлення, регулювання або заміна робочих частин пневмоприводу при використанні стисненого повітря в шлангу
- 4) Використання шланга або робочої частини для перенесення пневмоприводу;

У разі розриву шланга негайно перекрийте подачу стисненого повітря до пневматичного інструменту, заклавши запірний вентиль. Працівник, призначений роботодавцем особою, відповідальною за утримання пневмоприводу в справному стані, повинен розбирати пневмопривод, мити його водою, змащувати деталі і заправляти ротор не рідше одного разу на шість місяців, незалежно від стану пневмоприводу або умов його використання. Під час роботи пневмоприводу необхідно підтягнути кріплення, якщо це потрібно. Після закінчення роботи пневмоприводу необхідно очистити від бруду і повернути на місце зберігання.

## **6.2. Правила безпечної роботи з машини для пакування сиркової маси**

Машина для пакування сиркової маси складається із конвеєра, механізму видачі стаканчиків, дозатора, механізму накладання кришок, механізму зварювання, механізму нанесення дати та пульта керування. Конвеєр з приводом служить основою для встановлення всіх механізмів автомата.

Всі механізми машини змонтовані безпосередньо на станину конвеєра. Покрокове пересевання конвеєра здійснюється за допомогою храпового колеса, яке повертається на заданий крок завдяки ходу штоку

пневмоциліндра. До складу систем керування ПР входять запам'ятовуючі пристрої (ЗП) та пристрої для отримання різноманітної інформації про умови навколишнього середовища для адаптації в разі потреби. Ці багатofункціональні пристрої в першу чергу призначені для багаторазового виконання заздалегідь визначеної функції і можуть бути переналаштовані для виконання інших функцій без значної модифікації обладнання.

Основні фактори, які призводять до травмування:

1. несподіваний рух приводу під час налаштування, ремонту, навчання або виконання програми керування;
2. раптовий вихід з ладу механізмів машина для пакування сиркової маси;
3. неправильні (небажані) дії оператора або наладчика під час налагодження або ремонту в автоматичному режимі
4. доступ людини в робочу зону машини, що виконує завдання з виконання програми;
5. порушення умов експлуатації машини для пакування сиркової маси;
6. порушення вимог ергономіки та безпеки праці при плануванні комплексів та майданчиків (розміщення технічного обладнання, пультів управління, вантажно-розвантажувального обладнання, складського обладнання, контейнерів, транспортних засобів та іншого технічного обладнання).

На питання безпеки впливає: механічні пошкодження, електричні пошкодження, опіки, хімічні пошкодження. Вимоги безпеки повинні бути враховані на етапі проектування таких елементів, як захвати, кронштейни і шарнірні з'єднання, які є особливо важливими через значущість рухомої маси і швидкості переміщення. Необхідно передбачити спеціальні гальмівні пристрої (демпфірування при сильно змінних умовах навантаження, спеціальні заходи для вирівнювання рухомих мас при великих динамічних навантаженнях). У систему програмування і управління повинні бути інтегровані спеціальні діагностичні засоби і алгоритми. Безпека вимагає

застосування заходів механічного захисту у вигляді огороження робочої зони операційної, використання спеціальних датчиків для фіксації напрямку і наявності сторонніх предметів в робочій зоні, стійкого покриття електричних кабелів до впливу агресивних середовищ і герметизації штекерних з'єднувачів. Також необхідно проаналізувати роботу ОР в складі автоматизованої лінії з метою виявлення "прихованих" небезпек, які можуть виникнути при роботі ОР в комплексі з елементами автоматизованої лінії.

### **6.3. Приписи спеціалістів служби ОП**

Відділ охорони праці контролює безпеку будь-яких робіт, що виконуються на підприємстві; фахівці з охорони праці мають право зупиняти будь-які роботи, що виконуються з порушенням вимог інструкцій з охорони праці. У таких випадках вони видають припис, що відображає суть порушення і вказує термін усунення порушення. Якщо особа, яка отримала припис, ігнорує вимоги цих приписів, вона буде притягнута до дисциплінарної відповідальності, серйозної відповідальності, а в особливо серйозних випадках - до кримінальної відповідальності.

Накази можуть містити

- характер порушення виявленого нормативного акта або інструкції з охорони праці та техніки безпеки;
- посилання на нормативний документ, який є предметом порушення;
- термін, протягом якого порушення має бути усунене;
- хто відповідальний за усунення виявлених порушень.

Припис готується для керівника робіт у двох примірниках, один з яких передається керівнику робіт під підпис. Якщо керівник робіт не приймає припис, складається письмовий акт або на бланку припису робиться відмітка "припис не приймаю". У разі відмови у виконанні припису роботи все одно зупиняються, а виявлена невідповідність усувається. Інспектор може вимагати, щоб інструктаж з охорони праці, на якому було виявлено порушення, був проведений позапланово.

Після усунення порушення відповідальна особа письмово інформує відділ охорони праці; інженер з охорони праці підтверджує, що необхідні заходи були вжиті, а на бланку припису робиться відповідна відмітка (+ дата, підпис), після чого робота може бути відновлена. Припис зберігається у відділі HSE. Процедури зберігання у відділі організації встановлюються самостійно. Наприклад, інформація про виданий припис (характер порушення, умови відсторонення, відповідальна особа) може бути внесена до журналу реєстрації перевірок стану охорони праці.

Кодекс законів про працю зобов'язує роботодавців створювати посаду інженера з охорони праці або цілу службу, якщо на підприємстві працює 50 і більше працівників. Якщо кількість працівників менша, роботодавець зобов'язаний:

- ввести посаду інженера з охорони праці або створити відповідну службу;
- виконувати ці завдання самостійно;
- доручити виконання цих завдань іншим працівникам (які повинні пройти навчання з охорони праці відповідно до професійних стандартів); або
- залучення сторонніх експертів.

У таких випадках роботодавець визначає години, виділені інженеру з охорони праці для виконання його роботи, і фіксує їх у штатному розкладі. Таким чином, інженерам з охорони праці не забороняється працювати на умовах неповного робочого дня, неповного робочого тижня або неповного робочого тижня. Залежно від характеру та тривалості інструктажі поділяються на вступний, важливий на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж з охорони праці повинен проводитися з усіма новобранцями, тимчасовими працівниками, тимчасово відрядженими працівниками, студентами та учнями, які приїжджають до Японії для проходження виробничого навчання або практики, незалежно від їхньої

освітньої чи професійної підготовки або стажу роботи, перед початком експериментів або практичних занять у навчальних лабораторіях, майстернях, на робочих місцях або навчальних майданчиках.

Навчання з охорони праці та техніки безпеки повинно включати наступне

- загальні вимоги безпеки
- вимоги безпеки перед початком роботи
- вимоги безпеки під час роботи
- вимоги безпеки в аварійних ситуаціях;
- вимоги безпеки після закінчення роботи.

Ці інструкції слід регулярно переглядати, принаймні кожні п'ять років (принаймні кожні три роки для робіт з підвищеною небезпекою), і вносити до них будь-які необхідні зміни або доповнення відповідно до нормативно-правових актів.

Організаційні заходи включають

- Визначення в посадових інструкціях прав та обов'язків усіх працівників у сфері охорони праці та промислової безпеки;
- Створення системи управління охороною праці та промисловою безпекою;
- Затвердження положення про службу охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- Організація навчання та інструктажів
- Створення кабінетів та куточків з охорони праці
- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) та аптечками першої допомоги;
- Здійснення моніторингу параметрів небезпечних та шкідливих виробничих факторів тощо.

Технічні заходи включають:

- Модернізація обладнання;

- Впровадження систем сигналізації та захисту від впливу шкідливих та небезпечних факторів;

- Впровадження систем автоматичного, напівавтоматичного та дистанційного управління технологічними процесами, систем автоматичного управління технологічними режимами;

- часткове зміна технології робіт;

- заходи щодо зниження рівнів небезпечних та шкідливих факторів;

- Перепланування розміщення виробничого обладнання;

- влаштування нових дверних прорізів, перегородок, тамбурів тощо;

- механізація складування, транспортування сировини, продукції тощо.

Для отримання незалежної об'єктивної оцінки стану умов та охорони праці, розробки рекомендацій та рішень слід залучати науково-дослідні організації, лабораторії тощо. Тематика досліджень може включати:

- Вивчення умов праці;

- Проведення атестації робочих місць;

- Експертизу умов праці;

- аналіз травматизму;

- розробку різноманітних рекомендацій, інструкцій з охорони праці та інших документів;

- Вирішення конкретних завдань;

- обґрунтування параметрів безпеки;

- аналіз альтернативних варіантів тощо.

Ці заходи проводяться на договірній основі.

Результатами, яких очікується від реалізації програми, є:

- кількість осіб, яким будуть покращені умови праці;

- скорочення кількості нещасних випадків;

- оздоровчий ефект від лікувально-профілактичних заходів;

- величина запобігання економічної шкоди від нещасних випадків та захворюваності.

Вся інформація про хід виконання запланованих заходів щоденно надсилається менеджеру програми, який керує їх реалізацією. Кампанії з інформування громадськості з питань охорони праці на підприємствах вимагають особливої уваги до стратегічної спрямованості політики у сфері охорони праці. Для успішної реалізації цієї стратегії необхідно дотримуватися наступних принципів організації охорони праці на підприємствах

- Питання охорони праці повинні розглядатися у всіх виробничих аспектах і на всіх рівнях управління. Це означає, що стандарти і правила охорони праці повинні дотримуватися і впроваджуватися на всіх етапах - від проектування, будівництва та експлуатації до виробництва.

- Відповідальність кожного керівника, від роботодавця до керівника, за охорону праці на підприємстві (в організації). Функціональні обов'язки, юридичні права та відповідальність кожного керівника (посадової особи) щодо охорони праці повинні бути визначені в посадових інструкціях та інших документах (положеннях, наказах тощо).

## РОЗДІЛ 7

### МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Сучасна упаковка стала невід'ємною складовою успішного просування та продажу продуктів харчування, особливо для таких продуктів, як сиркова маса, яка є джерелом легкозасвоюваного білка та корисних речовин. Упакована сиркова маса має великий потенціал на ринку, адже споживачі все більше цінують зручність і безпеку харчових продуктів, які відповідають високим стандартам якості. Окрім того, автоматизація процесів фасування та пакування значно підвищує точність дозування, що є важливим аспектом для продукту з в'язкою та пластичною текстурою, як-от сиркова маса.

**Попит на натуральні білкові продукти:** Сиркова маса в індивідуальних порціях є зручною для споживання, особливо для людей, які шукають корисні перекуси. Завдяки пакуванню цей продукт може мати тривалий термін зберігання, що дозволяє зберегти його свіжість і корисні властивості. Сучасне пакувальне обладнання дозволяє забезпечити герметичність упаковки, що знижує ризики втрати якості.

**Зручність та мобільність у споживанні:** Інноваційні пакувальні рішення дозволяють фасувати сиркову масу у невеликі порції, що зручно для споживання на ходу. Це особливо привабливо для активних людей і молоді, які віддають перевагу швидкому та здоровому перекусу. Завдяки пакуванню сиркової маси у компактні ємності споживачі можуть легко транспортувати продукт без ризику розсипання або псування.

**Конкурентна перевага та брендинг:** Сучасні пакувальні технології дозволяють створити унікальний дизайн для індивідуальних упаковок, що допоможе виділити бренд на ринку. Окрім того, порційне пакування дозволяє

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М.В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ</b>	<b>230614.КР.12.007ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

споживачам знайти саме той формат продукту, який підходить для їх потреб, зокрема це стосується спортивного харчування чи дієтичного раціону.

**Оптимізація виробництва та економія на пакуванні:** Використання сучасних машин для пакування сиркової маси забезпечує точне дозування продукту та знижує втрати сировини. Це робить виробництво більш рентабельним і стабільним, а також сприяє оптимізації процесів, зменшуючи потребу в ручному пакуванні.

**Розширення ринків збуту:** Завдяки індивідуальному фасуванню сиркова маса може бути реалізована через нові канали збуту, такі як торгові автомати, школи, фітнес-клуби та інші заклади. Це робить продукт доступним для широкого кола споживачів, які шукають швидкий, здоровий та смачний перекус.

**Екологічна складова:** Використання екологічно безпечних матеріалів для пакування сиркової маси дозволяє знизити негативний вплив на довкілля. Більшість сучасної упаковки може підлягати вторинній переробці, що сприяє зменшенню відходів і водночас дозволяє скоротити обсяги харчових відходів за рахунок точного дозування продукту.

**Інноваційні технології:** Сучасне пакувальне обладнання дозволяє створювати унікальні комбінації продукту з різними добавками, такими як родзинки, горіхи або інші інгредієнти, що розширює асортимент. Це не лише робить продукт привабливішим для споживачів, але й дозволяє ефективніше позиціонувати його на ринку.

**Підвищення точності дозування:** Завдяки автоматизованим технологіям пакування сиркової маси можна точно дозувати порції, що забезпечує стабільність якості й відсутність перевитрати продукту. Це сприяє зниженню витрат і підвищенню продуктивності виробництва, що є важливим чинником

для вітчизняних виробників, які бажають конкурувати на міжнародному ринку.

Такий підхід розкриває не лише переваги сучасної упаковки, а й можливості для розвитку ринку сиркової маси, особливо завдяки інноваціям і автоматизації пакувальних процесів.

### **Висновок**

Ринок молочних продуктів зростає, оскільки все більше споживачів обирають продукти, що містять натуральні інгредієнти. Сиркова маса є чудовим джерелом білка, кальцію та інших поживних речовин, що сприяють здоров'ю кісток і м'язів. Використання пакувальної машини для індивідуальних порцій дає змогу швидко відповідати на цей попит, роблячи продукт зручним для споживання вдома, на роботі чи в дорозі. Порційне пакування також сприяє контролю калорій, оскільки споживачі отримують точну кількість продукту. Порівняно з продуктами без індивідуального пакування, це може покращити сприйняття бренду як виробника, що турбується про споживачів. Це, у свою чергу, може призвести до підвищення продажів і зміцнення позицій компанії на ринку здорового харчування.

## ВИСНОВКИ

Сиркова маса в індивідуальних порціях є зручною для споживання, особливо для людей, які шукають корисні перекуси. Завдяки пакуванню цей продукт може мати тривалий термін зберігання, що дозволяє зберегти його свіжість і корисні властивості. Сучасне пакувальне обладнання дозволяє забезпечити герметичність упаковки, що знижує ризики втрати якості.

### Визначені основні переваги такого типу обладнання:

- **Точність дозування** – Машина забезпечує точне дозування сирної маси в кожную упаковку, що дозволяє уникнути перевитрат продукту і забезпечує однорідність порцій. Це важливо для підтримання стабільної якості і обліку продукції.
- **Висока продуктивність** – Автоматизація процесу пакування дозволяє досягти високої швидкості фасування сирної маси, що підвищує загальну ефективність виробничої лінії та знижує витрати часу на обробку великих обсягів продукції.
- **Гігієнічність процесу** – Машина для пакування сирної маси розроблена з урахуванням високих гігієнічних стандартів. Вона знижує ризик контамінації продукту, забезпечуючи стерильне пакування і тривале зберігання продукції в належному стані.
- **Зменшення ручної праці** – Використання автоматизованих машин мінімізує потребу у ручному фасуванні, що знижує витрати на робочу силу, зменшує вірогідність помилок, пов'язаних з людським фактором, та підвищує ефективність.
- **Економічність пакування** – Завдяки можливості точного регулювання кількості продукту та швидкості пакування машина допомагає економити матеріали для упаковки, зменшуючи витрати на пакувальні матеріали та знижуючи загальну собівартість продукції.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М.В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва <b>Висновки</b>	<b>230614.KP.12.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

- **Гнучкість налаштувань** – Машина може бути швидко налаштована на пакування різних об'ємів або видів сирної маси, а також різних типів упаковки. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни в потребах ринку та швидко впроваджувати нові продукти.
- **Енергоефективність** – Сучасні машини для пакування сирної маси зазвичай споживають менше енергії завдяки енергозберігаючим технологіям, що знижує експлуатаційні витрати та є екологічно вигідним рішенням.
- **Можливість інтеграції в загальну виробничу лінію** – Машина для пакування сирної маси може бути легко інтегрована з іншими етапами виробництва, наприклад, з етапом змішування чи охолодження, забезпечуючи безперервний процес виробництва і логістики.

Метою данної кваліфікаційної роботи була модернізація машини для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину.

Вирішивши поставлені задачі при виконанні роботи були отримані наступні результати:

- зроблений огляд обладнання для пакування сирної маси та проаналізовані конструкції машин та їх вузлів. Можна констатувати, що типовими операціями є дозування та фасування;
- були проаналізовані конструктивні схема дозаторів для в'язких продуктів та визначено основні їх недоліки.
- запропонована модернізована конструкція дозатора для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину;
- наведена методика визначення коефіцієнтів вагомості типових конструкцій дозуючих пристроїв для в'язких продуктів, а їх числові значення представлені у вигляді критеріальних індексів;

- за результатами аналітичного дослідження встановлено, що кращий показник критеріального індексу має процес, що здійснюється поршневим дозатором з крановою запірною арматурою;
- запропоновано удосконалену конструкцію поршня, робочу поверхню якого, у порівнянні з базовою, змінено для усунення одного з основних недоліків поршневих дозувальних пристроїв, а саме неповного видалення продукції з мірної місткості та виникнення при цьому застійних зон;
- встановлено залежність систематичної похибки дозування від точності виготовлення елементів запропонованої конструкції дозатора за різних мас дози продукту;
- встановлено залежність між систематичною похибкою дозування в'язкого продукту та величиною щілини дозуючого пристрою різних типів в'язких продуктів;
- визначено принципи автоматизованого управління машини для пакування сиркової маси з родзинками.

Модернізовану машину для пакування сиркової маси з родзинками продуктивністю 90 упаковок за хвилину може застосовуватися в різних умовах і на підприємствах харчової промисловості, зокрема:

1. Молочні заводи для забезпечення швидкого та гігієнічного фасування сиркових мас у різноманітні типи упаковок, зберігаючи їх свіжість.
2. Фабрики дитячого харчування для фасування дитячого харчування, оскільки може дозувати і фасувати порційні сиркові десерти з родзинками для дітей, де потрібен суворий контроль якості та точне дозування.
3. Підприємства кондитерської галузі для пакування сиркової маси, яка потім може застосовуватися як інгредієнт для виготовлення десертів, тортів чи пирогів, спрощуючи процес фасування.
4. У фермерських господарствах, які мають власне виробництво молочної продукції, машина допоможе фасувати сиркову масу в невеликі партії для місцевого ринку, що підвищить ефективність роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пакувальне обладнання : підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — К. : ІАЦ Упаковка, 2010. — 746 с.
2. Гавва О. М. Пакувальне обладнання. Обладнання для групового пакування : підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. — К. : ІАЦ Упаковка, 2007. — 136 с.
3. Гавва О. М. Наукові основи розрахунку параметрів потоково – транспортних систем харчових виробництв : дис. докт. техн. наук : 05.18.02 / Гавва Олександр Миколайович – Київ, 1996. – 562 с.
4. Термінологічний довідник пакувальника / Й.І. Сторіжко, О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. – К. : ІАЦ Упаковка, 1999. – 80 с.
5. Гавва О.М. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. — К. : ІАЦ Упаковка, 2008. – 436 с.
6. Кривошей В.М. Упаковка в нашому житті / В.М. Кривошей. — К. : ІАЦ Упаковка, 2001. — 160 с.
7. Якимчук М.В. Мехатроніка в пакувальному обладнанні / М.В. Якимчук, О.М. Гавва // XI Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування» (НУХТ, Київ, Україна, 3 квітня 2015). – К. : НУХТ, 2015. – С. 51-55.
8. Мікульонок І. О. Енергосилові параметри процесу приготування полімерних композиційних матеріалів у змішувачі з овальними роторами / І. О. Мікульонок // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2004. — № 1. — С. 33—39.
9. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник. – Кривий Ріг: КК НАУ, 2017. – 444 с.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Якимчук М. В.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Якимчук П.М.</b>	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	<b>230614.КР.12.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено <b>Погорілий Т.М</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш

10. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації [Текст]: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Видавництво Ліра-К, 2014. – 344 с.
11. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих [Текст]: Підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2-ге, виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2015. – 378 с.
12. Якимчук, М.В. Проектування пакувального обладнання із мехатронних модулів./ М.В. Якимчук, О.М. Гавва, А.П.Беспалько, Л.О.Кривопляс-Володіна – Друк. Моногр., К: Видавництво «Сталь», 2017. –515 с.ISBN 9786176761297
13. Кривопляс-Володіна, Л.О., Дослідження електропривода з лінійним двигуном для пакетоформувальних машин/Л.О. Кривопляс-Володіна, О.М.Гавва, С.В. Токарчук //Харчова наука і технології (ISSN 24097004 (Online)) Volume 11 Issue 2 / 2017. – С. 111 – 118. (входить до Переліку міжнародних наукометричних баз Web of Science (WoS), Ulrich&apos;s Periodicals Directory, Google Scholar, Open Academic Journals Index (OAJI), DOAJ).
14. Кривопляс-Володіна Л.О., Багатокритеріальний структурно-параметричний синтез функціональних модулів потоковотехнологічних пакувальних систем/ О.М.Гавва, Л.О.Кривопляс-Володіна, А.В.Деренівська // Міжнародна науковотехнічна конференція –Scientific Works of NUFT Volume 23, Issue 5, Part 1, 7 -8 листопада 2017р. - Р. 98 – 109
15. Володін С., Гнатів Т., Кривопляс-Володіна Л.О. Синтез мехатронної системи функціонального модуля пакувальної машини з пропорційним регулятором тиску // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: матеріали XXII Міжнародної науковотехнічної конференції 23 -26.05.2017р. - НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». С.111 -114.
16. Кривопляс-Володіна, Л.О. Методологія синтезу компоновочних рішень// Л.О.Кривопляс-Володіна, О.М.Гавва, А.І. Волчко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – Київ - 2013. – № 3. – С. 178 - 182.

17. Гавва, О.М. Багатокритеріальний структурнопараметричний синтез функціональних модулів потоковотехнологічних пакувальних систем / О.М.Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, А.В. Деренівська //Наукові праці НУХТ. – Київ, 2017. – № 5.Частина1 – С 70-76.
18. Павленко І.І. Захватні пристрої роботів: Навчальний посібник / Павленко І.І., Годунко М.О. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2014. - 368 с.
19. Мажара В.А. Визначення кутів повороту ведучих ланок адаптивного захватного пристрою / Мажара В.А., Годунко М.О, Кислун О.А. //Збірник наукових праць КНТУ / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / - Вип. 27.Кіровоград: КНТУ, 2014. - С. 28 - 33.
20. Якимчук М.В. Мікропроцесорна техніка в системах керування пакувального обладнання / М.В. Якимчук, О.М. Гавва // Харчова промисловість. – 2004. – № 3.
- Бережко К.І. Шляхи зменшення енерговитрат в пакувальному обладнанні / М.В. Якимчук, О.М. Гавва, К.І. Бережко // Упаковка. – 2005. – № 3. – С. 45-48.
21. Якимчук М.В. Виконавчі механізми укладальних машин в лініях фасування (шляхи модернізації) / М.В. Якимчук, А.П. Беспалько, В.Г. Валіулін, В.С. Костюк // Упаковка. – 2014. – № 4. – С. 50-54.
22. Устаткування для пакування харчових продуктів. Терміни та визначення : ДСТУ 2515-94. – К. : Держстандарт України, 1995. – 26 с. – (Державний стандарт України).
23. Пристрої устаткування для пакування функціональні. Терміни та визначення : ДСТУ 2379-94. – К. : Держстандарт України, 1995. – 21 с. – (Державний стандарт України).
- Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів) : навч. посіб. / Б.О. Пальчевський. – Львів : Світ, 2007. – 392 с.