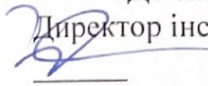


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

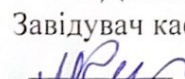
Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім.акад. І.С.Гулого _____
Кафедра _____ мехатроніки та пакувальної техніки _____

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

«15» 02 2023р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА
(підпис) (прізвище та ініціали)

«15» 02 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Дослідження кінематичних і динамічних характеристик систем автоматичного керування дозатора поршневого типу для в'язких харчових продуктів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ПМ-2-1М

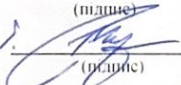
Дригайло Дмитро Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)  (підпис)

Керівник КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА Людмила Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)  (підпис)


Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Вєресолупий І.І.
(прізвище та ініціали)  (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчинності. 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 - 2023р.

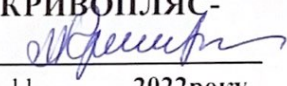
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ

Людмила КРИВОПЛЯС-
ВОЛОДІНА 
" 07 " 11 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дригайла Дмитра Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження кінематичних і динамічних характеристик систем автоматичного керування дозатора поршневого типу для в'язких харчових продуктів

керівник роботи КРИВОПЛЯС-ВОЛОДІНА Людмила Олександрівна д.т.н.проф.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "07" 11 2023 року № 794-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 24.01.2023

3. Вихідні дані до роботи дозатор поршневого типу, тип продукту - в'язкі харчові продукти, електротехнічний привід, розміщення оптимізаційних параметрів процесу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вешми, Аномаліи, Ч розуми, Весисовим, список використаної літератури, редерат (2. шови)

5. Перелік графічного матеріалу

презентація до стей.

6. Консультанти розділів роботи


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

7. Дата видачі завдання 07.11.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ.	08.11.22	<i>викон.</i>
	Анотація.	10.11.22	<i>викон.</i>
	Розділ 1	15.11.22	<i>викон.</i>
	Розділ 2.	28.11.22	<i>викон.</i>
	Розділ 3.	09.11.22	<i>викон.</i>
	Розділ 4.	20.12.22	<i>викон.</i>
	Висновки.	10.01.23	<i>викон.</i>
	Список використаної літератури	22.12.22	<i>викон.</i>

Здобувач  Дмитро Дригайло
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА
(підпис) (прізвище та ініціали)

7. 11.2022 р.

Реферат
Дослідження кінематичних і динамічних
характеристик систем автоматичного керування
дозатора поршневого типу для в'язких харчових
продуктів

Сьогоднішній розвиток сучасного виробництва для харчової промисловості базується на виробництві фасованої продукції. Тобто на завершальних операціях допоміжного виробництва продукцію фасують в тару (упаковку), зручну у використанні, транспортуванні та утилізації, яка має привабливий зовнішній вигляд і захищає продукцію від шкідливого впливу навколишнього середовища.[1-19]

Взагалі високомолекулярні дисперсійні системи поділяються на дві групи: мало схожі і дуже схожі з поступовим переходом між ними. Зауважимо, що високов'язкі рідини характеризуються постійним значенням в'язкості і структуровані рідини визначаються залежністю ефективної в'язкості від прикладеної напруги.[3]

У більшості випадків в'язкість є найважливішою величиною, яка визначає різні стани речовини. В'язкість залежить від температури, тиску, вмісту вологи або жиру, а також концентрації або ступеня дисперсності.

Мета дослідження: Метою даної роботи є удосконалення обладнання, призначеного для дозування в'язких харчових продуктів.

Відповідно до поставленої мети були поставлені наступні завдання дослідження: встановити основні правила вибору обладнання для вибору дози в'язких харчових продуктів;

Вимоги до форми конструкції дозувального пристрою; Створення математичної моделі для зміни реологічних характеристик, що впливають на кінематичні параметри процесу підбору дози та пресування в'язких харчових продуктів;

Удосконалення методики вибору елементів пневмоприводу дозувальних пристроїв поршневого типу.

Метою дослідження є процес відбору та пресування дози для в'язкого харчового продукту. Предметом дослідження є течія в'язкого харчового продукту. Методи дослідження формуються на таких складових: фізичний експеримент, математичне моделювання та обробку результатів досліджень.

Фізичний експеримент проводили на розроблених установках з використанням пневмоприводу, реологічні дослідження – методами капілярної віскозиметрії.

Ключові слова: поршневий дозатор, модернізація, функціональний модуль, об'ємна доза, в'язкі харчові продукти.

Abstract

Today's development of modern production for the food industry is based on the production of packaged products. That is, at the final operations of auxiliary production, the products are packaged in a container (packaging), convenient for use, transportation and disposal, which has an attractive appearance and protects the products from the harmful effects of the environment.[1-19]

In general, high-molecular dispersion systems are divided into two groups: slightly similar and very similar with a gradual transition between them. Note that highly viscous liquids are characterized by a constant value of viscosity, and structured liquids are determined by the dependence of the effective viscosity on the applied voltage.[3]

In most cases, viscosity is the most important value that determines different states of matter. Viscosity depends on temperature, pressure, moisture or fat content, as well as concentration or degree of dispersion.

The purpose of the research: The purpose of this work is to improve the equipment intended for the dosing of viscous food products.

In accordance with the set goal, the following research tasks were set: to establish the basic rules for choosing equipment for choosing a dose of viscous food products;

Requirements for the shape of the design of the dosing device; Creation of a mathematical model of changes in rheological characteristics affecting the kinematic parameters of the process of dose selection and pressing of viscous food products;

Improvement of the method of selection of pneumatic drive elements of piston-type dosing devices.

The purpose of the study is the process of selecting and pressing a dose for a viscous food product. The subject of research is the flow of a viscous food product. Research methods are based on the following components: physical experiment, mathematical modeling and processing of research results.

The physical experiment was carried out on developed installations using a pneumatic drive, rheological studies - by capillary viscometry methods.

Key words: piston dispenser, modernization, functional module, volumetric dose, viscous food products.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	5
Вступ	6
Розділ 1. Аналіз існуючих конструкцій і компоновочних рішень	8
1.1. Можливість використання споживчої тари з різних матеріалів для в'язких харчових продуктів.	8
1.2. Існуючі конструктивні схеми обладнання дозування для в'язких продуктів.	10
Розділ 2. Характеристика об'єкта проектування та постановка проблеми дослідження	19
2.1. Постановка задачі наукового дослідження	21
2.2. Схема та циклограма пневмоприводу керування системою відбору дози в мірному циліндрі.	22
Розділ 3. Експериментальне дослідження узагальнених параметрів для процесу дозування в'язких харчових продуктів	35
3.1. Постановка задачі експериментального дослідження	35
3.2. Мета дослідження експерименту	35
3.3. Опис експериментальної установки дослідження параметрів дозування в'язкого харчового продукту	36
3.4. Експериментальні дослідження на основі поршневого дозатора	48
3.5. Умови проведення факторного експерименту другого порядку на основі моделі поршневого розподільника	50
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	62
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

Вступ

Незважаючи на велику різноманітність споживчої тари та упаковки, існують схожі рішення в конструкції дозувальних і пакувальних пристроїв. З метою аналізу існуючих характерних схем дозувальних і пакувальних пристроїв в'язких продуктів з метою їх ефективного використання та пошуку шляхів удосконалення рекомендовано оцінити їх класифікацію та вибрати найкращу з них за ефективністю машин і економічними показниками.

Метою роботи є вдосконалення обладнання для дозування в'язких харчових продуктів.

Відповідно до поставленої мети були поставлені наступні завдання дослідження:

- Встановлення основних схем вибору обладнання для вибору дози в'язких харчових продуктів;
- Сформулювати вимоги до конструкції дозувального пристрою;
- Створення математичної моделі для зміни для реологічних характеристик та їх впливу на кінематичні параметри процесу підбору та пресування дози для в'язких харчових продуктів;
- Удосконалити методику вибору елементів приводу повітря для дозуючих пристроїв, які відносяться до поршневого типу.

Метою дослідження є процес відбору та пресування дози в'язкого харчового продукту.

Предметом дослідження даної роботи, обрано течію в'язкого харчового продукту. Методами дослідження є фізичний експеримент, математичне моделювання і обробка результатів досліджень.

Фізичний експеримент проводили на розроблених установках з використанням пневмо приводу, реологічні дослідження – методами капілярної віскозиметрії.

Обробку експериментальних даних та розрахунки проводили з використанням сучасних інтегрованих систем MathCAD, Наукова новизна отриманих результатів:

- Встановлено залежність структурно-механічних властивостей сметани та крохмалю залежно від для зміни основних параметрів пневмоприводу;
- Розраховані конкретні математичні залежності і числові значення астрономічних величин;
- Визначено динамічну в'язкість та її залежність від тиску відбору та екструзії та швидкості процесу дозування;
- результати дослідження узагальнюються у вигляді рівнянь регресії;
- Виявлено математичну залежність при виборі та розрахунку пневмоелементів поршневих розподільників.

Розділ 1.

Аналіз існуючих конструкцій і компоновочних рішень

1.1. Можливість використання споживчої тари з різних матеріалів для в'язких харчових продуктів.

Професійно обрана упаковка захищає харчові продукти від впливу негативного впливу зовнішнього середовища, забруднення; поліпшує їх санітарно-гігієнічний стан і зовнішній вигляд; робить застосування зручним і знижує витрати під час транспортування, зберігання та споживання. Залежно від обраного матеріалу споживчої тари, запропонованих шляхів подальшої реалізації перевіряється відповідне обладнання та складається попередня схема в залежності від потреб технологічного процесу. [1-8]

На сучасних харчових підприємствах машини для пакування харчових продуктів є невід'ємною частиною технологічного процесу.

Тенденції для розвитку сучасного виробництва у харчовій промисловості базуються на випуску фасованої продукції. Тобто на завершальних операціях допоміжного виробництва продукцію фасують в тару (упаковку), зручну у використанні, транспортуванні та утилізації, яка має привабливий зовнішній вигляд і захищає продукцію від шкідливого впливу навколишнього середовища.

Оскільки процес пакування займає багато часу і ручної праці, необхідно більше уваги приділяти питанням механізації та автоматизації допоміжних виробничих процесів, щоб виключити з них ручну працю і замінити їх автоматичними, що зменшить втрати готової продукції. і час для процесів пакування.

Більшість упакованих продуктів, у тому числі харчових продуктів, є безперервними середовищами, які є компонентами багатокомпонентних дисперсійних систем, властивості яких не підкоряються закону Гука чи закону Ньютона, хоча одночасно виявляють пружні властивості та властивості в умовах деяких ньютонівських рідин.

Взагалі високомолекулярні дисперсійні системи поділяються на дві групи: мало схожі і дуже схожі з поступовим переходом між ними. Якщо високов'язкі харчові рідини характеризуються постійним значенням в'язкості,

відповідно структуровані рідини вже визначаються залежністю ефективної в'язкості у залежності від прикладеної напруги.

У більшості випадків в'язкість або текучість (обернена в'язкості) є найважливішою величиною, яка визначає різні стани речовини. В'язкість залежить від температури, тиску, вмісту вологи або жиру, концентрації або ступеня дисперсності.

Для характеристики рідин використовуються криві течії - реограми, які показують залежність напруги зсуву від швидкості деформації зсуву в умовах простого зсуву. Тому в'язкість продукту може умовно включати рідини зі значною в'язкістю і може бути змінена за відповідних умов.

Зазначимо, що в'язкі продукти це: томатна паста, сметана, майонез, згущене молоко та ін. Через свої реологічні характеристики в'язкі продукти не можуть досить швидко спливає крізь відносно невеликі отвори під дією сили тяжіння і тиску верхніх шарів цього продукту. А тому під час оформлення дозування та фасування в'язкої продукції в споживчу тару необхідно формувати її примусове витікання.

Розширення асортименту харчових продуктів передбачає включення до складу в'язких продуктів дрібнодисперсних штучних речовин. Такий процес потоку продукту має інші гідравлічні та кінематичні параметри. Конструкція дозувальних і пакувальних пристроїв повинна враховувати всі аспекти фізико-механічних характеристик в'язкості продукту.

В'язку продукцію дозують у різні типи та види споживчої тари: пляшки, скляні та полімерні банки; полімерні пакети; упаковка з комбінованих пакувальних матеріалів тощо. [6]

Незважаючи на велику різноманітність споживчої тари та упаковки, існують схожі рішення в конструкції дозувальних і пакувальних пристроїв. З метою аналізу існуючих характерних схем дозувальних і пакувальних пристроїв в'язких продуктів з метою їх ефективного використання та пошуку шляхів удосконалення рекомендовано оцінити їх класифікацію та вибрати найкращу з них за ефективністю машин і економічними показниками.[4]

1.2. Існуючі конструктивні схеми обладнання дозування для в'язких продуктів.

Сьогодні вибір та придбання пакувального обладнання вимагає від покупця врахування багатьох факторів, таких як: надійність обладнання, економічність, гнучкість (можливість переналаштування в певному діапазоні доз), точність дозування, ергономічні параметри, безпека технічного обслуговування та ін.

В даний час існує велика кількість конструктивних схем пакувальних машин для в'язких харчових продуктів. Будь-яка з цих схем є складною технічною системою зі значною кількістю функціональних модулів, які послідовно виконують різні технологічні операції. [9]

Для фасування та фасування в'язких продуктів необхідно здійснити цілий ряд операцій, а саме: підібрати в магазині індивідуальну споживчу тару або виготовити її з листового полімеру чи іншого матеріалу, дозувати в'язкий продукт і різні смакові наповнювачі (рідкі), суцільний, (в'язких), вибрати з магазину і застосувати методи герметизації тари, опломбування тари, нанесення маркування та датування і, нарешті, вилучення готової продукції з машини.

Усі вищезазначені операції виконуються робочими органами для відповідних функціональних модулів машини. Виходячи з огляду існуючого обладнання для фасування в'язких продуктів, ми можемо замінити сучасну тенденцію низькопродуктивного обладнання високопродуктивним, а також необхідно шукати інші компоновальні рішення в дозаторних пристроях. Найпоширенішою групою обладнання є машини з горизонтальним розташуванням робочих вузлів дозувальних і розливних машин. Крім того, за способом роботи машини поділяються на напівавтоматичні та автоматичні. Автомати можуть бути однопотоковими (рисунок 1.2) і багатопотоковими (рисунок 1.3).

1.2 зображено автомат для пакування продукту в готову тару з поліпропілену, ламістеру, полістиролу та пінополістиролу круглої та прямокутної форми. Можна використовувати упаковку з двох або трьох частин. Дозатор розміщений на станині зверху, а продукт під дією надлишкового тиску формується безпосередньо у формувальний мішок. Насправді.[11]

1.3 зображено багатопотоковий диспенсер для морозива. Деякі приліжкові дозатори подають продукт у чашках на плиті. Розподільники оснащені пневматичними приводами, підключеними до компресора або до магістралі стисненого повітря. Перевагою такого компонування можна вважати можливість встановлення значної кількості розподільників, що дає збільшити продуктивність обладнання.



Рис. 1.2 Машина-автомат для дозування в'язких продуктів.

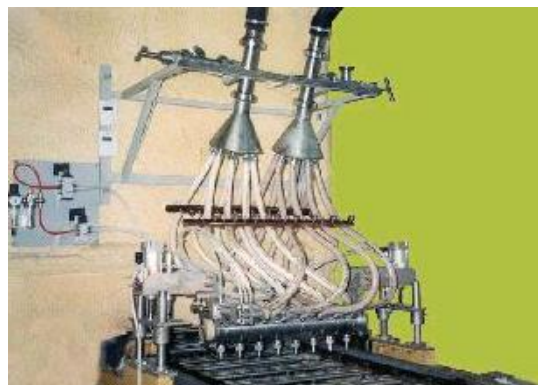


Рис. 1.3 Машина-автомат для дозування двокольорового морозива.

Перевагами автоматичних багатоструменевих машин порівняно з одноструменевими відноситься більша продуктивність за рахунок одночасного заповнення кількості пакетів. При цьому вартість додаткового обладнання (компресор, система очищення повітря) залишається постійною, або зростає незначно. Багатопотокові розподільники використовуються там, де це необхідно для забезпечення продуктивності на рівні між автоматом і високопродуктивною лінією. [14]

Слід також відзначити конструкцію автомата для пакування варення в полімерну тару (рисунок 1.4).

Автомат має конвеєр (рисунок 1.4), який поетапно переміщує тару. Обладнання оснащено двопоточним розподільником, що дозволяє збільшити продуктивність лінії в цілому та скоротити час заповнення вимірюваної ємності розподільника. Сервомотори забезпечують покроковий рух. Кінцеві датчики використовуються для спрямування ємності відносно дозатора.



(Рис. 1.4) Машина-автомат УФП-25А-Д.

Перевагами такого обладнання є використання електричного струму і збільшення продуктивності до двох разів при невеликому здорожчанні. Також слід відзначити простоту переналаштування і підвищення продуктивності.

Як альтернатива зазначеному вище обладнанню лінійного типу на виробництві набули широкого застосування автоматичні однопотокові багатопозиційні машини карусельного типу. Насправді. 1.5 зображено автомат для пакування в'язких продуктів у полімерні стакани. [16]

Дозування здійснюється на автоматі (рисунок 1.5) за допомогою поршневого дозатора. Запірна арматура - це арматура, яка дозволяє фасувати продукти зі значною в'язкістю і продукти з твердими включеннями.

На дозатор часто встановлюється допоміжне обладнання, яке дозволяє зрізати залишки продукту на насадці.

При необхідності додавання наповнювача в фасований продукт на обладнання встановлюється другий дозатор. Зазвичай обладнання такого типу оснащується пневматичним приводом. Доза контролюється механічним обмеженням ходу штока пневмоциліндра



Рис. 1.5. Машина-автомат M2

У наступних секціях автомата приварюється кришка з чашкою і наноситься розмітка. Компактність карусельних двигунів і можливість установки до 3-х розподільників робить таке обладнання привабливим для виробників.

Відомі також багатопозиційні однопотокові автомати лінійного типу (рис. 1.6) для пакування в'язких продуктів у полімерні стакани.

Автомат може бути оснащений двома дозаторами для дозування продукту і наповнювача. подача чашок здійснюється за допомогою пневмоциліндра. Заключні операції включають зварювання чашки з кришкою і розмітку. Завдяки лінійному розташуванню можна уникнути додаткових операцій при завантаженні та видачі фасовочного пакета на додаткові

операції, відповідно знизити вартість обладнання та підвищити надійність його роботи. До недоліків можна віднести більші габаритні розміри в порівнянні з машинами карусельного типу.

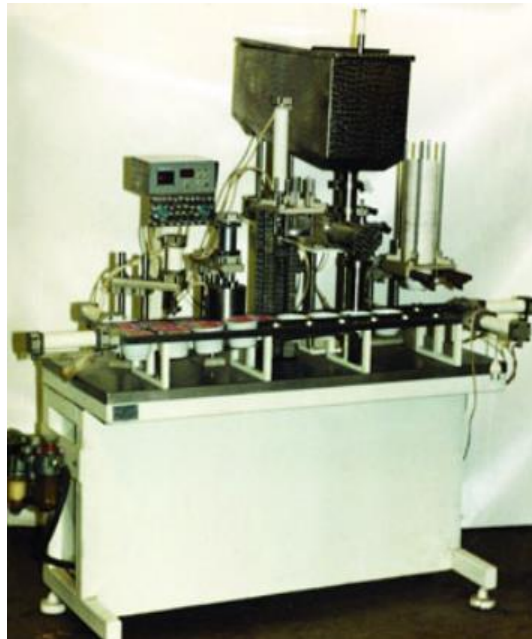
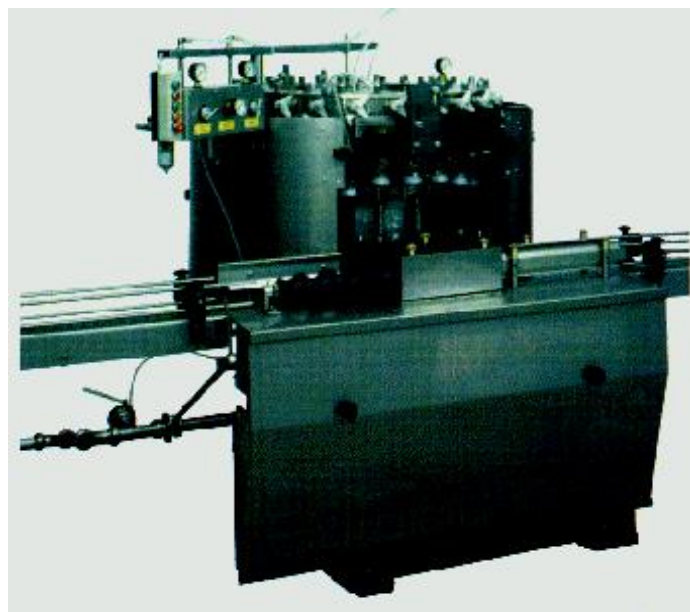


Рис. 1.6. Загальний вид автомата А-6МП

Високопродуктивні автомати для фасованої продукції з помірною в'язкістю представлені багатопоточними автоматами лінійного (рисунок 1.7) і карусельного (рисунок 1.8) типів.



(Рис. 1.7.) Машина-автомат XRB – 6

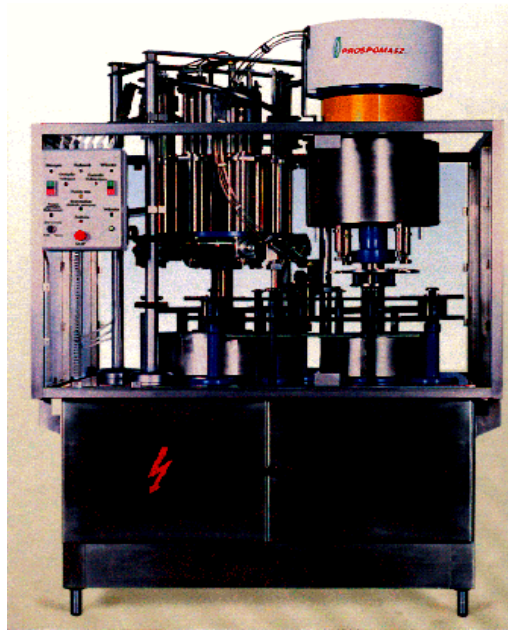


Рис. 1.8. Моноблок Mono – 30

Перевагами такого обладнання є велика кількість дозаторів і безперервний процес дозування, що значно підвищує продуктивність обладнання. Застосування таких автоматів пред'являє високі вимоги до конструкції і налагодженню розподільників. Зазвичай на такому обладнанні для розподільників використовується пневматичний привід, рідше механічний. Споживча упаковка передається дистриб'ютору, де вона орієнтується за контактом з каменем, після чого товар поміщається в упаковку. Під час руху продукту ємність продовжує рухатися, завдяки чому процес дозування триває безперервно. Продукт подається до розподільників з магістралі за допомогою насосів.[19]

Загальні відомості та класифікація дозаторів

Дозування – це процес відмірювання заданої кількості матеріалу з необхідною точністю. Ступінь точності визначається технологічними вимогами, а також обґрунтовується економічними міркуваннями. У сучасних умовах для успішного вдосконалення процесу дозування необхідно розглядати дозатор не як самостійну одиницю комплексу устаткування, як систему. Успішна та якісна робота такої системи залежатиме від надійної роботи кожного елемента окремо. При проектуванні таких систем є можливість враховувати всі фактори, що впливають на її роботу, та процес дозування в меншій мірі може залежати від зовнішніх впливів, що має призвести до стійкішої роботи дозаторів.

Для дискретного об'ємного дозування характерно періодичне повторення циклу випуску дози матеріалу, як правило, порційний змішувач. У більшості випадків дозатори даного типу застосовуються при підготовці сумішей. Дозатори цього типу прості за пристроєм, але далеко не завжди відповідають вимогам точності дозування.

Порційне масове дозування ґрунтується на відмірюванні дози певної маси. Дозування за масою проводять різними методами і на терезах різної конструкції, виходячи з потужності підприємства, особливостей технологічного процесу та асортименту вироблюваної продукції. Дозатори такого типу дають високу точність дозування пристрій не складно, але безліч операцій, пов'язаних із завантаженням, зважуванням, довантаженням, вивантаженням, зводять нанівець всі переваги даного обладнання. Масове дозування не завжди дає при потрібній точності необхідну продуктивність, тому дуже часто застосовують комбіновані ваги, на яких спочатку роблять грубе зважування, а потім досипання. До недоліків вагових дозаторів слід віднести також удари механізмів у процесі роботи, велику площу, що займається, складність обслуговування. Тому вагове дозування не знайшло широкого застосування в умовах малих підприємств, хоча на великих сучасних заводах дозування по масі віддають перевагу. При порційному дозуванні порцію суміші складають із компонентів, які у необхідних кількостях готують або одночасно за допомогою індивідуальних дозаторів або в одному дозаторі по черзіт кожен компонент. Підготовлені компоненти надходять у збірні бункера або безпосередньо в змішувач, який перемішує отриману порцію суміші протягом певного часу.

Для масового безперервного дозування поки не розроблено точного та надійного обладнання. При використанні дозування за масою компонентів необхідно враховувати такі обставини. Вологість зовнішнього повітря коливається від 60 до 90%. Оскільки приготування сумішей часто проводиться в неопалюваних приміщеннях, то рівноважна вологість компонентів, слідуючи зміні вологості повітря, може набувати значень від 12 до 20%.

Відносна зміна сухої речовини може досягати 10%.

Тому, якщо інгредієнти дозуються за масою навіть із нульовою похибкою, то сухої речовини буде то більше, то менше. Це зводить нанівець основну перевагу дозування за масою – малу похибку.

Об'ємне безперервне дозування менш вимогливе до стану компонентів та при використанні відповідного обладнання дозволяє готувати кормові суміші із заданою якістю.

При безперервному дозуванні всі компоненти подають одночасно безперервними потоками у співвідношеннях, що відповідають рецептам або складу суміші в змішувач, де відбувається також безперервне перемішування.

Дозатори будь-якого типу повинні задовольняти такі вимоги: забезпечувати видачу необхідної кількості матеріалу (дозы) з відхиленням від заданої точності дозування не вище допустимого. При цьому залежно від заданих умов доза може бути видана без регламентації часу, за мінімальний час і за певний проміжок часу. Крім того, дозуючі пристрої повинні мати можливість регулювання дози в заданих межах та взяття проб для контролю точності дозування та продуктивності.

Робоча зона дозатора повинна бути доступною для очищення його від залишків продукту. Конструкція робочих органів має враховувати фізико-механічні властивості матеріалів [6].

У виробництві, де застосовується дозування кількох видів сировини, раціональніше використовувати багатокомпонентні дозуючі пристрої. Багатокомпонентне дозування може здійснюватися за такими схемами:

- послідовне дозування компонентів в одному загальному дозаторі;
- паралельне дозування кожного компонента в окремому спеціальному дозаторі (так звані станції, що дозують);
- комбіноване дозування.

За рівнем автоматизації поділяють дозатори:

- з ручним керуванням;
- автоматизовані;
- напівавтоматичні.

У дозаторі з ручним керуванням процес дозування виконує оператор.

В автоматизованих та напіваавтоматичних дозаторах частина роботи оператора виконується за допомогою механізмів (відлік числа порцій, подача матеріалу в дозатор та ін) [1].

Автоматичні дозатори можуть працювати як по розірваному, так і по замкнутим циклам. При розірваному циклі дозатори працюють як виконавчі механізми, що забезпечують видачу заданої кількості речовини незалежно від зміни його параметрів, регулювання може здійснюватися як вручну, і дистанційно.

При роботі по замкнутому циклу подача речовини здійснюється за керуючим сигналам системи автоматичного регулювання, яка стежить за перебігом процесу.

Важливою характеристикою устаткування, що зважає і дозує, є робочий діапазон, в якому забезпечується їх клас точності.

ВИСНОВОК

Отже, на основі огляду діючого обладнання для дозування в'язких продуктів можна відзначити наступні напрями розвитку:

- 1) тенденція до заміни низькопродуктивного обладнання на високопродуктивне;
- 2) поступова автоматизація процесів;
- 3) автоматизований моніторинг контрольних операцій;
- 4) поступово наповнювати ринок вітчизняним обладнанням, особливо технікою низької та середньої продуктивності.

Розділ 2

Характеристика об'єкта проектування та постановка проблеми дослідження.

Пневматичні системи набувають все більшої популярності в промисловості як найбільш надійний і екологічно чистий засіб автоматизації. Пневматичні пристрої застосовуються як приводи затискних і транспортувальних механізмів, для дистанційного керування і контролю, в контрольно-вимірювальних пристроях, в автоматичні машин та пристроїв, які спрацьовують у агресивних середовищах, в умовах пожежо- та вибухонебезпеки, радіації, а також як я. у разі значної вібрації та високої температури тощо. Пневматичні системи поширені в автомобільній промисловості, в літакобудуванні, в аерокосмічній галузі, де вони використовуються для автоматизації складальних операцій, для керування аварійними системами тощо. Пневматичні прилади застосовують також для контролю в нафтовій, газовій, хімічній, харчовій, гірничодобувній, будівельній тощо. Пневматичні засоби автоматизації все ширше впроваджуються в медичні прилади різного призначення (для кровообігу, ін'єкцій, штучного дихання тощо).

Підвищення продуктивності машин порівняно з пневматичними системами означає збільшення їх швидкодії. Оскільки пневматичні системи є частиною машини, час їх роботи включається в загальний час робочого циклу машини і, отже, впливає до продуктивності машини в цілому. Тоді, проблема підвищення продуктивності безпосередньо вже пов'язана з розробкою динамічних методів дослідження машин і вибором їх оптимальних параметрів і структури. Ці проблеми є основним напрямком загальної теорії машин і теорії пневматичних систем машин.

Теорія пневматичних систем має свої особливості та аспекти. Якщо в теорії механізмів з твердими ланками динамічна задача полягає в розв'язанні другого рівняння руху, то в теорії пневматичних систем це рівняння завжди розв'язується разом із рівняннями, які характеризують термодинамічні процеси, що відбуваються в порожнини. робочих циліндрів. При складанні цих рівнянь використовуються закони термофосфатної і газодинаміки. Оскільки порожнина більшості пневматичних пристроїв постійно з'єднана з магістраллю або атмосферою, для складання

розрахункових рівнянь використовуються термодинамічні методи змінної маси газу. Тому в теорії пневматичних систем, а також механіки твердого тіла використовуються методи пружної механіки рідини.

У машинобудуванні сьогодні набули поширення пневматичні системи різних типів. Їх можна розділити відповідно на такі основні групи: пневматичні приводи, пневматичні системи керування та пневматичні пристрої.

Широке використання пневматичних приводів і систем керування пояснюється їх перевагами в порівнянні з іншими методами автоматизації, головним чином надійністю роботи, яка відіграє важливу роль у сучасних системах керування автоматизацією. Перевага пневматичних пристроїв перед електроприводами полягає в тому, що поступальний рух можна відтворювати без будь-яких допоміжних механізмів. Завдяки цьому вони широко поширені в ситуаціях, коли необхідно зробити зворотно-поступальний рух. Пневматичні пристрої обертового руху відрізняються від електродвигунів нечутливістю до тривалих перевантажень, меншими габаритами, простотою регулювання швидкості обертання і моменту, повною безпекою оператора, але їх робота супроводжується високим рівнем шуму.[1]

Порівняно з гідроприводами пневматичні приводи мають наступні переваги: їх робочі пристрої мають високі швидкості включення та меншу вартість, лінії повороту значно коротші, оскільки повітря може видалятися з атмосфери з будь-якої точки системи; Широкому поширенню пневматичних пристроїв сприяє також наявність необмеженої подачі повітря як робочого середовища. У той же час пневматичні приводи при тих же розмірах, що і гідравлічні, докладають менше зусиль, що пояснюється більш високим тиском рідини в останніх. Пневматичні пристрої доцільно застосовувати в ситуаціях, коли необхідно забезпечити високу швидкість руху робочого органу при порівняно невеликих робочих зусиллях. Неминучі витрати повітря із системи значно знижують ефективність пневматичних пристроїв.

2.1. Постановка задачі наукового дослідження

Для дослідження обраної структурно-механічної характеристики створено установку (рис. 2.1.), під час якої продукт відбирають із шихтового осаду 4 і за допомогою робочого циліндра 1 поршень 8 продавлюють через дозувальне сопло. 5. Контроль точності дози, що формується в споживацькій ємності 6, здійснюється за допомогою електронних ваг 7. Золотниковий клапан 3 з'єднує робочу камеру 2 з дозуючою насадкою 5. Використовуючи існуючу методику досліджень та експериментальну установку (опис, розділ 3) , рис. 3.5), ми визначаємо в'язкість дослідних харчових продуктів, потік повітря з основної лінії та час впорскування системи управління повітрям, час рецептури, вибір дози та час наповнення споживчих контейнерів, межі точності дозування з поршнева система.[8]

Для дослідження процесу в'язкого харчового продукту була розроблена експериментальна установка (рисунок 3.5.) та використані існуючі методи динаміки в'язкої нестисливої рідини.

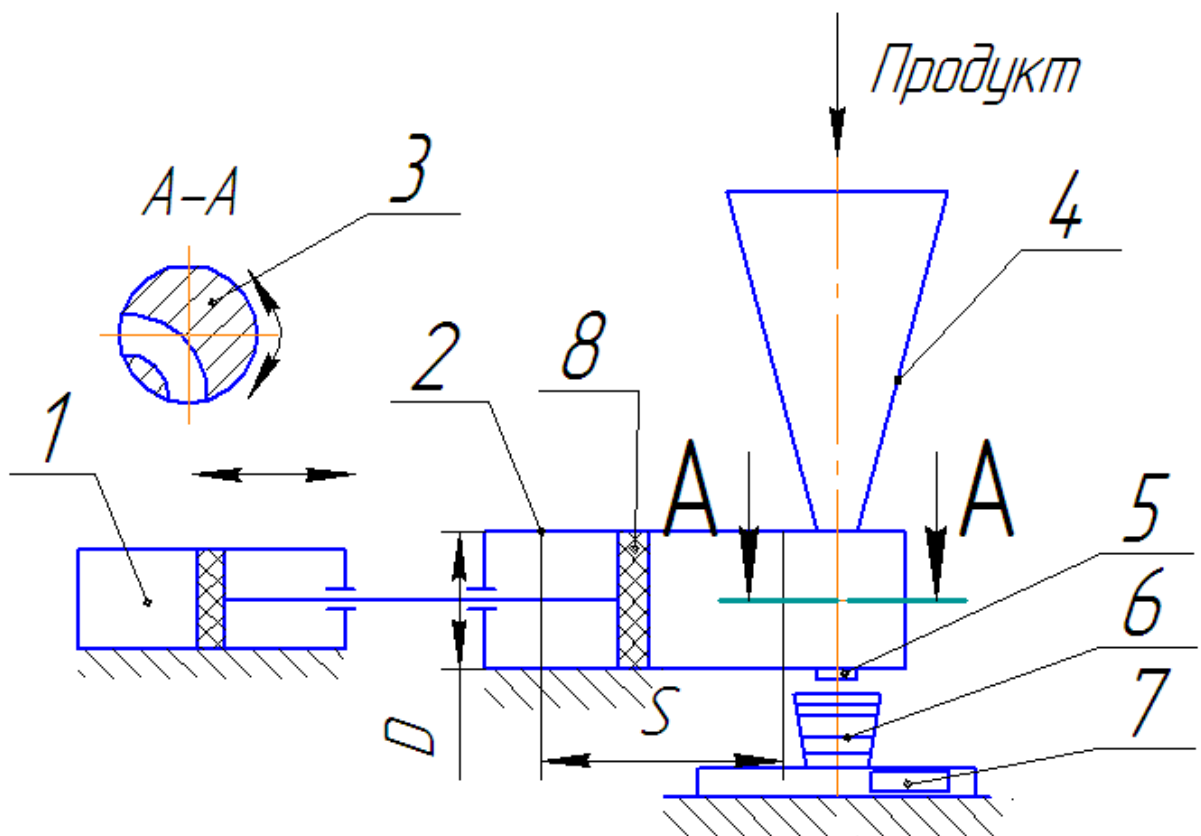


Рис. 2.1. Установка для конструктивно-механічних характеристик виробу:

1- пневмоциліндр системи відбору дози;

- 2- Двовимірний циліндр дозувального пристрою;
- 3- золотниковий пристрій;
- 4- дозатор осаду;
- 5- дозуюча насадка з обертовим пневмоциліндром;
- 6- споживча тара;
- 7- луска;
- 8- поршень.

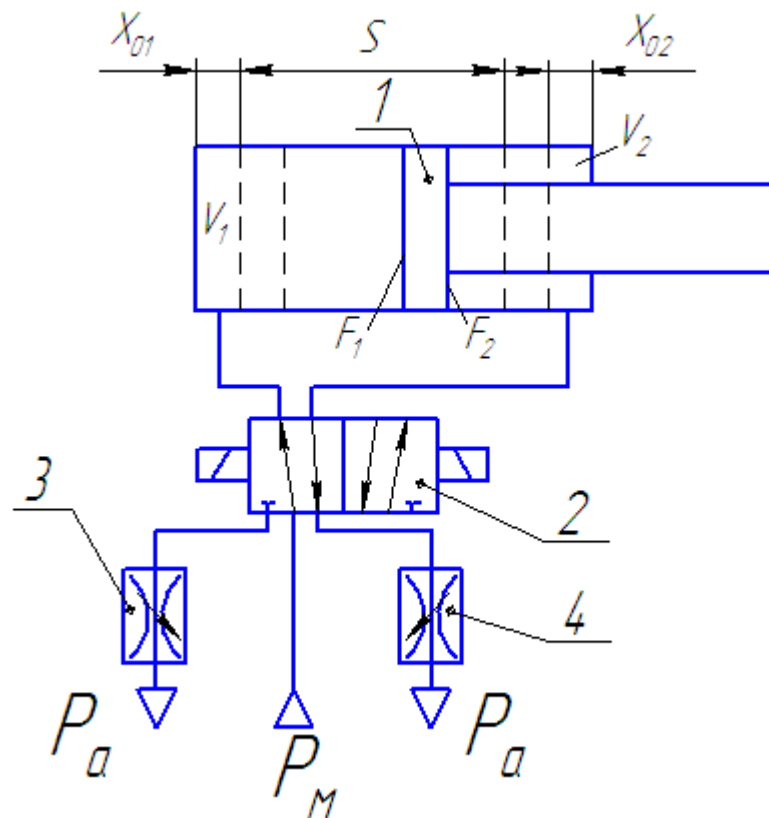
2.2. Схема та циклограма пневмоприводу керування системою відбору дози в мірному циліндрі.

Щодо відбору дози використовуємо робочий мірний циліндр 2 (рис. 2.1.), який щільно з'єднаний з пневматичним циліндром управління 1. При впорскуванні відібраної дози в дозувальну насадку 5 поршень пневмоциліндра. через опір продукту в робочому приміщенні. Для визначення витрати повітря при дозуванні необхідно стежити за зміною тиску в ході технологічного процесу в поршневих камерах і штоку пневмоциліндра. А після складання рівнянь руху поршня пневмоциліндра встановити швидкість процесу, дослідивши зміну кінематичних характеристик часу.

Схема для одностороннього приводу з поршнем (1), відстані якого сильно відрізняються один від одного з обох сторін, наведена на рисунку 2.2. Порожнина штока для приводу постійно з'єднана із магістраллю (з стисненим повітрям, яке під тиском P_m), і поршень в вихідному стані з'єднаний з атмосферою (P_a), завдяки чому створюється початковий перепад тиску стисненого повітря, а поршень (1) знаходиться в крайньому лівому положенні.

Після спрацьовування пристрою керування розподільник 2 рухається і повітря потрапляє в порожнину поршня, тиск повітря в ній зростає, і коли сила тиску з цієї порожнини перевищує силу опору приводу, поршень починає рухатися вправо (положення показано на малюнку). Як тільки поршень завершує силовий хід S , контролер змінює колектор 2, який з'єднує поршневу порожнину з атмосферою, так що поршень 1 може повернутися у вихідне положення.

Для регулювання швидкості руху поршня служать крани 3 і 4. Інші аспекти креслення будуть обговорені пізніше.

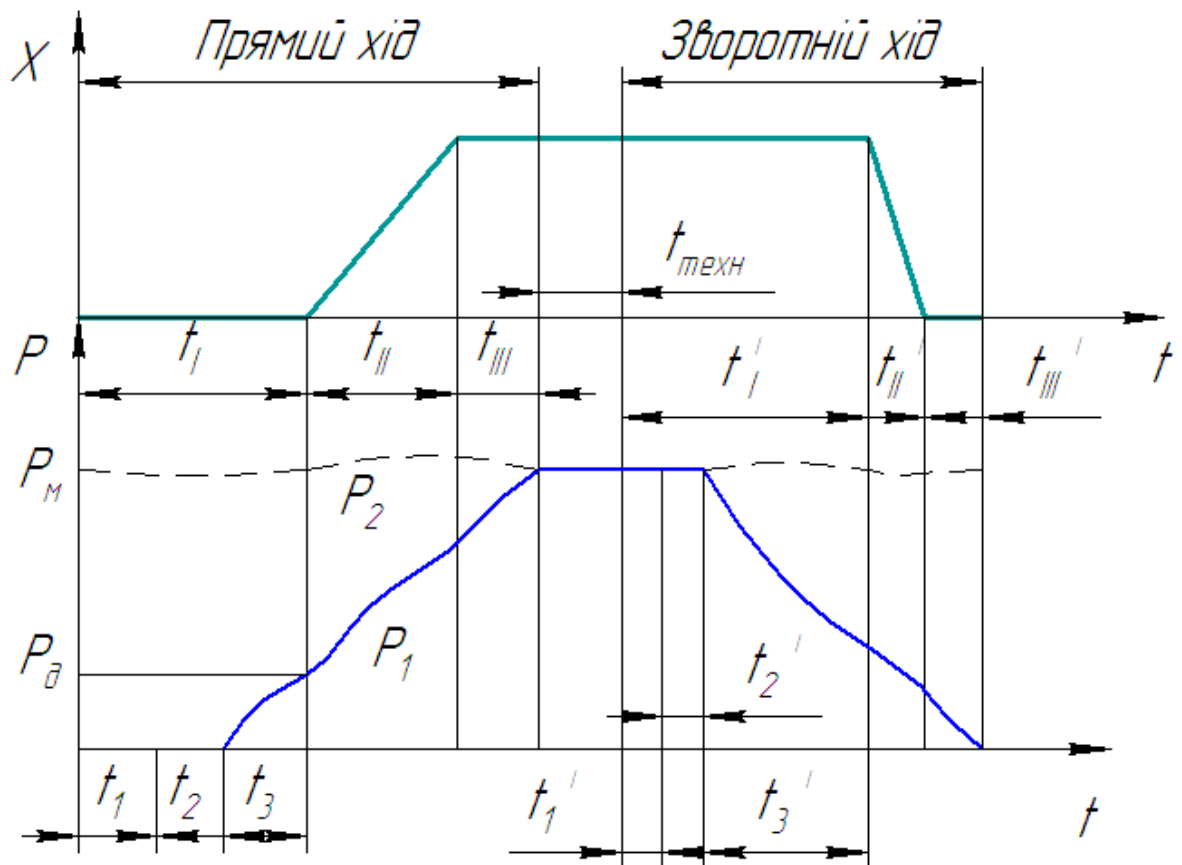


(Рис.2.2.) Схема пневмоприводу.

Диференціальні приводи також відомі як односторонні приводи з початковим перепадом тиску. Розглянемо послідовність дій цього накопичувача, тобто. кілограм. На циклограмі пневмопривода також відображені інтервали часу для зміни тиску і в порожнині робочого циліндра, а також інтервали часу руху і зупинки поршня (рисунок 2.3).

Початком кілограма є момент увімкнення блоку керування, і цей момент відноситься до моменту активації розподільника (див. рисунок 2.2). Процеси відкриття отворів для стисненого повітря в пристрої керування і в розподільнику можуть відбуватися одночасно з процесом поширення хвилі стисненого повітря і закінчується у різний час.

Як перше наближення, припустимо, що хвиля тиску повітря виникає після того, як порт колектору вже повністю відкритий, оскільки час відкритого колектора короткий порівняно з часом повного робочого циклу для більшості пневматичних приводів.



(Рис.2.3.) Циклограмма диф. Приводу.

Це припущення дозволяє визначити періоди часу t_1 окремо (час відкриття розподільника) і t_2 (це час поширення хвилі тиску від розподільника до циліндра, наведено див. рис. 2.3.). Прямі горизонтальні лінії на верхній діаграмі відповідають інтервалам часу спокою поршню, а похилі — інтервалам часу його руху. Криві, у нижній діаграмі показують процеси для зміни тиску P_1 і P_2 повітря відповідно в порожнинах поршня і штока. Тиск у першому з них починає зростати після відкриття розподільника і цей процес триває до тих пір, поки поршень не почне рухатися (тиск P_1 , інтервал t_3). Це сума інтервалів t_1, t_2, t_3 і часу t_1 приготування.

Під час руху поршня t_{II} тиск у цій порожнині може монотонно зростати (зменшуватися) або коливатися залежно від співвідношення конструктивних параметрів приводу та навантаження. У порожнині штока тиск повітря дорівнює основному тиску в початковому положенні, при русі поршня воно трохи збільшиться, в результаті чого частина повітря надходить в магістраль, останній процес може вже закінчується поршнеvim упором (пунктирна лінія).

У порожнині поршня після завершення робочого ходу поршня тиск зазвичай вирівнюється з основним тиском P_1 або тиском P_m магістральним, який відповідає часу $t_{\text{техн}}$. [3]

Після виконання зазначеної технологічної операції блок керування знову змінюється. Потім у такому ж порядку починається зворотний хід поршня, причому спочатку падає тиск в обох камерах: у поршневій – тоді за рахунок з'єднання із атмосферою, і у штокової - за рахунок збільшення а. Обсяг, коли поршень рухається вліво. Після повернення поршня у вихідне положення тиск у порожнині поршня падає до атмосферного, а в штоку підвищується до тиску в магістралі.

2.2.1. Динамічні властивості двоходового пневмоциліндра.

Заповнення робочої порожнини пневмобаллона відбувається стисненим повітрям V_1 (див. рис. 2.2.) з основної магістралі, а тиск приймається постійним ($P_m = \text{const}$), враховуючи, що система впуску має регулятор тиску. У першому наближенні термодинамічні процеси в пневмоприводах вважаються квазістаціонарними і відбуваються в усталених режимах течії. [4-8]

Коли стиснене повітря надходить або витікає з порожнини робочого циліндра, тиск у різних точках об'єму буде різним. Спочатку тиск змінюється біля входу (або виходу), потім зміна тиску поступово поширюється на весь об'єм.

Так як вирівнювання параметрів повітря відбувається досить швидко в порівнянні з цим процесом та великої різниці у їх значеннях для різних точок об'єму немає (теоретично в пневматичних системах процесом вирівнювання нехтують). Усі процеси вважаються квазістатичними, тобто такими, у яких приймаються однакові параметри (тиск, температура та щільність) у всіх точках об'єму порожнини. Ми припускаємо, що робоча область має індекс 1.

Вважаючи, згідно з першим законом термодинаміки, що вся додана до газу теплова енергія dQ_M витрачається на зміну внутрішньої енергії dU_1 і на роботу розширення газу dL_1 , запишемо рівняння балансу енергії.

$$dQ_M = dU_1 + dL_1 \quad (1.1)$$

Враховуючи, що кількість теплової енергії, яка надійшла в порожнину з газом, дорівнює добутку його маси в мм на питому ентальпію ($dQ_M = i_M dm_M$), а також внутрішньої енергії U_1 газу та виконаної ним роботи L_1 еквівалентний відповідно:

$$dU_1 = d(u_1 m_1) \quad \text{і} \quad dL_1 = p_1 dV_1,$$

Рівняння (1.1.) виконаємо у наступному вигляді:

$$i_M dm_M = u_1 dm_1 + m_1 dU_1 + p_1 dV_1, \quad (1.2)$$

u_1 – Внутрішня питома енергія.

Виразимо в рівнянні (1.2) значення ентальпії і внутрішньої енергії, обумовлені впливом температури на теплоємність, відповідно при постійному тиску c_p і об'ємі c_v :

$$c_p T_M dm_M = c_v T_1 dm_1 + c_v m_1 dT_1 + p_1 dV_1 \quad (1.3)$$

Якщо розглядати повітря як ідеальний газ, молекулярними силами якого можна знехтувати, ми описуємо його стан за допомогою рівняння Клапейрона:

$$p_1 V_1 = m_1 R T_1, \quad (1.4)$$

де R – це постійна газова, $R = 287$ Дж / (кгК) у повітрі (за умови $T_M = 290$ К).

Підставляючи значення m_1 , dT_1 , вже отримане з рівняння (1.4), у рівняння (1.3), і відображаючи в ньому:

$$\frac{C_p}{C_v} = k,$$

$$C_p - C_v = R,$$

k – показник адиабати, одержуємо вираз після перетворень:

$$k R T_M dm_M = V_1 dp_1 + k p_1 dV_1. \quad (1.5)$$

Замінемо рівняння (1.6) масу стисненого повітря dm_M , яка входить в порожнину V_1 за час dt , відповідним значенням витрати G_M :

$dm_M = G_M dt$ і запишемо отримане рівняння тиску:

$$dP_1 = \frac{k \cdot G_M \cdot R \cdot T_M \cdot dt}{V_1} - k \cdot P_1 \cdot \frac{dV_1}{V_1} \quad (1.6)$$

Формула Сен-Венана часто визначає споживання повітря G_M з необмеженого (шосе) об'єму:

$$G_M = \mu_1 \cdot f_1 \cdot P_M \cdot \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{R \cdot T_M} \cdot \left[\left(\frac{P_1}{P_M} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_1}{P_M} \right)^{k+1} \right]}, \quad (1.7)$$

μ_1 - коефіцієнт витрат; T_M - магістральна температура повітря. f_1 - площа вхідного отвору.

З рішення (1.5) разом із рівнянням (1.7) визначається тиск P_1 у порожнині як функція чтайму. З формули (1.7) виходить те, що витрата G_M є функцією відношення тисків σ , де в чисельнику завжди стоїть тиск середовища, в яке всмоктується газ, а в знаменнику - тиск середовища, з якого газ витягується та протікає.[3]

Виконаємо формулу (1.7) магістральної витрати повітря σ_M :

$$G_M = \frac{\mu_1 \cdot f_1 \cdot K \cdot P_M \cdot \varphi(\sigma_1)}{\sqrt{R \cdot T_M}} = \frac{0,156 \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot P_M \cdot \varphi(\sigma_1)}{\sqrt{T_M}}, \quad (1.7)$$

$$\varphi(\sigma_1) = \varphi(\sigma) = \sqrt{\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}};$$

де

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{P_M}; \quad (1.8)$$

$$K = \sqrt{2 \cdot k(k-1)}.$$

За умови $T_M = 293 \text{ K}$, тоді витрата $G_M = 0,00912 \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot P_M \cdot \varphi(\sigma_1)$, притому P_M в Па. Для знаходження максимуму функції $\varphi(\sigma)$ (а), прирівняємо нулю її похідну

$$\frac{2}{k} \cdot \sigma^{\frac{2}{k}-1} - \frac{k+1}{k} \cdot \sigma^{\frac{1}{k}} = 0,$$

отримаємо критичне значення тисків

$$\sigma = \sigma_* = \frac{2}{(k+1)^{\frac{k}{k-1}}} = 0,5282 \text{ (при } k = 1,4). \quad (1.9)$$

Вставимо у рівняння (1.6) G_M з виразу (1.8), одержимо рівняння по знаходженню тиску в порожнині наповнення:

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{k \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot K \cdot P_M \cdot \sqrt{R \cdot T_M}}{V_1} \cdot \varphi(\sigma_1) - \frac{k \cdot P_1}{V_1} \frac{dV_1}{dt} \quad (1.10)$$

Об'єм V_1 порожнини дорівнює добутку площі поршня F_1 для переміщення поршня x (з урахуванням координати x_{01}), тобто:
 $V_1 = F_1 \cdot (x_{01} + x)$

Підставимо оце значення у (1.10), отримаємо

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{k \cdot \mu_1 \cdot f_1 \cdot K \cdot P_M \cdot \sqrt{R \cdot T_M}}{F_1 \cdot (x_{01} + x_1)} \cdot \varphi(\sigma_1) - \frac{k \cdot P_1}{(x_{01} + x_1)} \frac{dx}{dt}, \quad (1.11)$$

де $x_{01} = \frac{V_{01}}{F_1}$,

V_{01} - це початковий обсяг робочої полості,

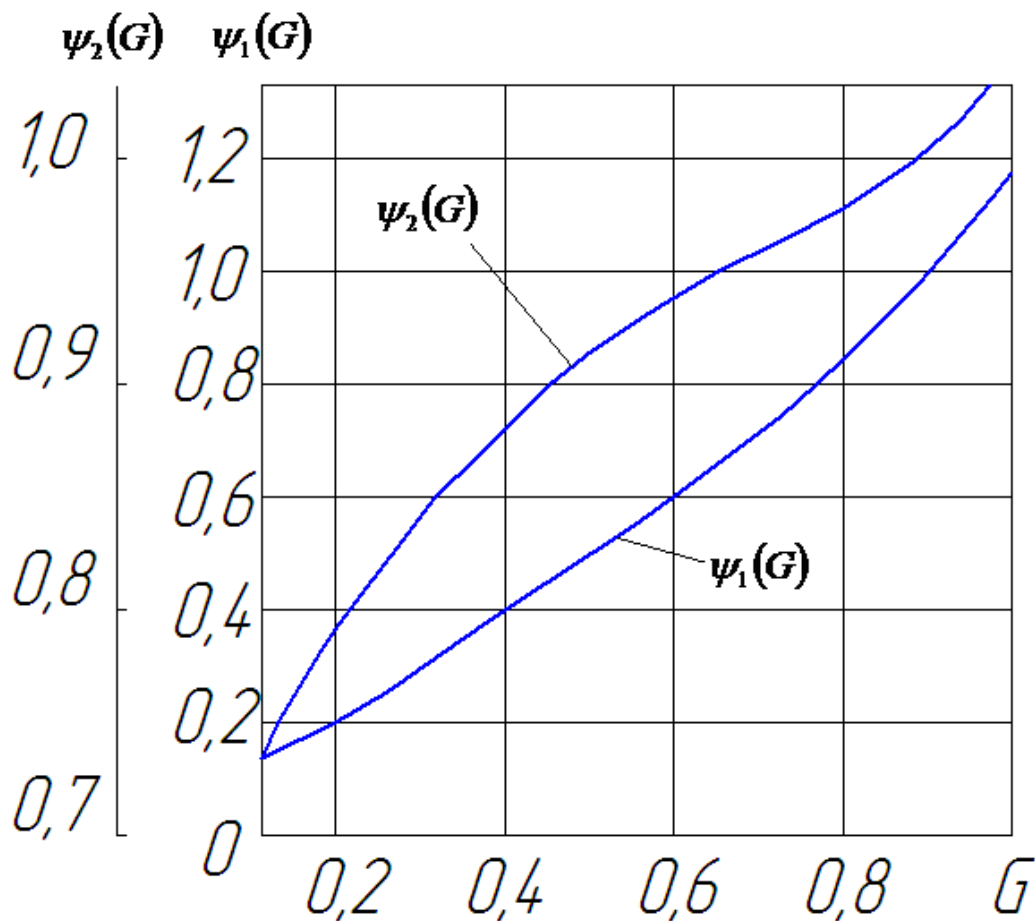
F_1 – це площа поршня.[13]

Якщо виразити це рівняння відносно t_1 , то після інтегрування отримаємо час заповнення постійного об'єму від початкового тиску σ_{11} до заданого тиску σ_{12} :

$$t = 3,62 \cdot 10^{-3} \cdot V_{01} \cdot \frac{\Psi_1(\sigma_{12}) - \Psi_1(\sigma_{11})}{\mu_1 \cdot f_1}$$

(1.12)

Значення для функцій $\Psi_1(\sigma_{11})$ та $\Psi_1(\sigma_{12})$ вже визначаємо по графіку, приведеному на (рис. 2.4.).



(Рис. 2.4.) Циклограма залежності заповнення порожнини постійного об'єму від заданого тиску.

Формула (1.13) використовується для визначення часу заповнення порожнини постійного об'єму до певного тиску, включаючи визначення часу (див. циклограму на рисунку 2.4).

2.2.2 Процес видалення стисненого повітря випускн у порожнину накопичувача

При русі поршня 1 (див. рис. 2.1.) у пневмоприводі тиск стисненого повітря у витяжній порожнині 2 може підвищуватися за рахунок зменшення її об'єму. У цьому випадку повітря просочується в стовбур.

Перший закон термодинаміки (1.1) також можна застосувати тут, але в цьому рівнянні знак мінус повинен бути поставлений ліворуч, оскільки повітря виходить:

$$-dQ_2 = dU_2 + dL_2. \quad (1.13)$$

Відповідно, вже замінюємо індекс 1, який відноситься до робочої порожнини, на індекс 2 витяжної порожнини. Крім того, розрахунки будуть подібні до наведених у формулах (1.1) - (1.5). Зупинимось на останньому виразі:

$$-k \cdot R \cdot T_2 \, dm_2 = V_2 \, dP_2 + k \cdot P_2 \, dV_2. \quad (1.14)$$

Беручи до уваги, що

$$dm_2 = d\left(\frac{V_2}{v_2}\right) = \frac{v_2 \, dV_2 - V_2 \, dv_2}{v_2^2}. \quad (1.15)$$

Тоді отримуємо $v_2 \, dP_2 + k \cdot P_2 \, dv_2 = 0$ із інтегрування і потенціювання цього виразу – вже $P_2 \cdot v_2^k = \text{const}$ – це рівняння адиабати.

Формула Сен-Венана також описує витрату повітря з обмеженого об'єму V_2 в магістраль, але там слід поставити $T_M = T_2$, $P_M = P_2$:

$$G_2 = \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_2 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{R \cdot T_2} \cdot \left[\left(\frac{P_M}{P_2}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_M}{P_2}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} = \frac{0,156 \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_2 \cdot \varphi\left(\frac{1}{\sigma_2}\right)}{\sqrt{T_2}}, \quad (1.16)$$

де $\varphi\left(\frac{1}{\sigma_2}\right) = \varphi(\sigma) = \sqrt{\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}}$ із $0,528 < \sigma < 1$.

Підставляючи $dm_2 = G_2 \, dt$ і G_2 в (1.16) у рівняння (1.15), отримуємо рівняння для визначення тиску у вихлопній порожнині, підключеній до магістралі:

$$\frac{dP_2}{dt} = -\frac{k \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot K \cdot P_2 \cdot \sqrt{R \cdot T_2}}{F_2 \cdot (s + x_{02} - x)} \cdot \varphi\left(\frac{1}{\sigma_2}\right) + \frac{k \cdot P_2}{s + x_{02} - x} \frac{dx}{dt},$$

(1.17)

де F_2 - це площа поршня із боку штокової порожнини.

Температура T_2 у рівнянні (1.17) може бути виражена через тиск P_2 на підставі рівняння адіабати:

$$\frac{P_2}{P_M} = \left(\frac{T_2}{T_M}\right)^{\frac{k}{k-1}}.$$

(1.18)

Відповідно, отримаємо наступне рівняння для визначення тиску повітря при закінченні його з обмеженого обсягу:

$$\frac{dP_2}{dt} = -\frac{k \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot K \cdot P_2^{\frac{3k-1}{2k}} \cdot \sqrt{R \cdot T_M}}{F_2 \cdot (s + x_{02} - x) \cdot P_M^{\frac{k-1}{2k}}} \cdot \varphi\left(\frac{1}{\sigma_2}\right) + \frac{k \cdot P_2}{s + x_{02} - x} \frac{dx}{dt}$$

(1.19)

Під час зворотного ходу час t_3^I підготовки буде характеризуватися часом закінчення порожнини до необхідного тиску, який визначається навантаженням.[17]

Однак під час зворотного ходу ця порожнина виснажується, з'єднується з атмосферою. Тиск буде змінюватися відповідно до рівняння (1.19), в якому σ_a/σ_2 слід замінити на $1/\sigma_2$, тому що витік в атмосферу відбуватиметься пропорційно відношенню тисків $P_a/P_2 = \sigma_a/\sigma_2$ де $\sigma_a = P_a/P_M$, $\sigma_2 = P_2/P_M$.

Оскільки при зворотному ході поршнева порожнина буде виснажуватися, то присвоїмо індекс 2:

$$\frac{dP_2}{dt} = - \frac{k \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot K \cdot P_2^{\frac{3k-1}{2k}} \cdot \sqrt{R \cdot T_M}}{F_2 \cdot (s + x_{02} - x) \cdot P_M^{\frac{k-1}{2k}}} \cdot \varphi\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_2}\right) + \frac{k \cdot P_2}{s + x_{02} - x} \frac{dx}{dt}, \quad (1.20)$$

де $\varphi\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_2}\right) = \varphi(\sigma) =$ при $0 < \sigma < 0,528$;

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}} \quad \text{при } 0,528 < \sigma < 1.$$

Витрати повітря при виході з обмеженого об'єму порожнини в атмосферу визначають за формулою (1.16), де приймаємо $P_M = P_a$:

$$\begin{aligned} G_2 &= \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_2 \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{R \cdot T_2} \cdot \left[\left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_2}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} = \frac{K \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_M \cdot \sigma_a^{\frac{k+1}{2k}} \cdot \varphi_1(\sigma)}{\sqrt{R \cdot T_M}} = \\ &= \frac{0,156 \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_M \cdot \sigma_a^{\frac{k+1}{2k}} \varphi(\sigma_2)}{\sqrt{T_M}}, \end{aligned} \quad (1.21)$$

де
$$\varphi_1(\sigma) = \varphi \cdot \frac{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_2}\right)^{\frac{k+1}{2k}}}{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_2}\right)^{\frac{k+1}{2k}}}$$

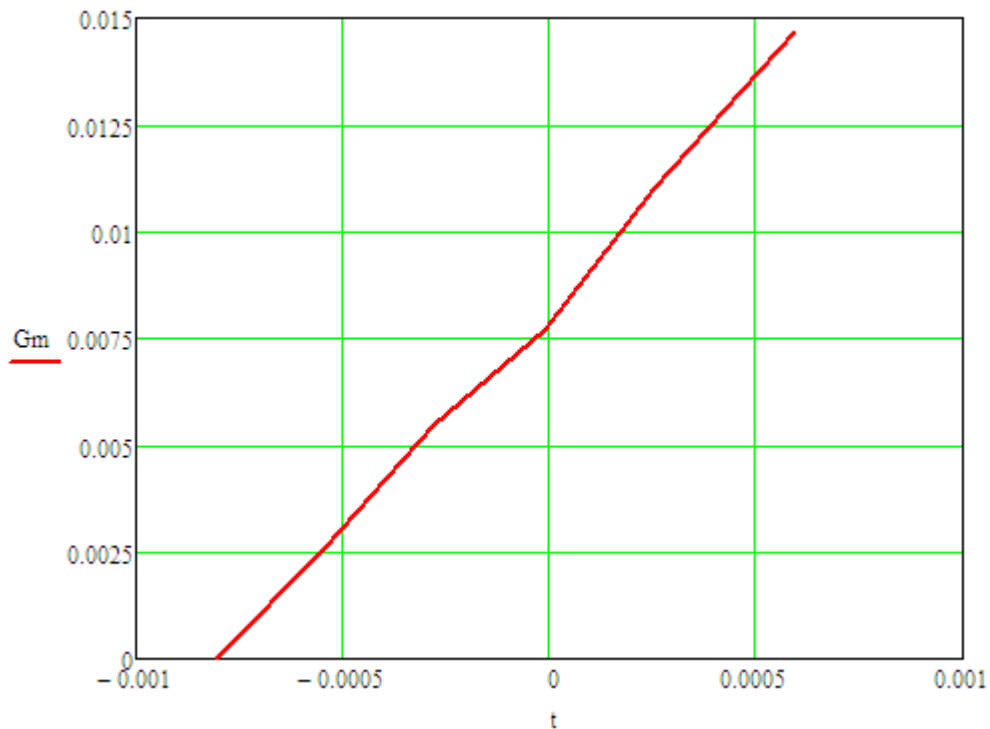
При $T_M = 293$ К витрата $G_2 = 0,00912 \cdot \mu_2 \cdot f_2 \cdot P_M \cdot \sigma_a^{\frac{k+1}{2k}} \cdot \varphi_1(\sigma)$.

Щоб визначити час підготовки та кінцевий час у рівнянні (1.20), слід підставити $x = 0$, $dx = 0$. постійний об'єм в діапазоні для зміни тиску σ_{21} (P_{21}) до σ_{22} (P_{22}):

$$t = 3,62 \cdot 10^{-2} \cdot V_2 \cdot \frac{\Psi_2 \cdot \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{22}}\right) - \Psi_2 \cdot \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{21}}\right)}{\mu_2 \cdot f_2 \cdot \sigma_a^{\frac{k-1}{2k}}}. \quad (1.22)$$

Значення $\Psi_2\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{21}}\right)$ і $\Psi_2\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{22}}\right)$, визначаємо за графіком по (рис.2.4.)

Отримано графічні залежності за цими розрахунками:



(Рис.2.5.)Графік для зміни масової витрати з часом у безстержневій порожнині.

Висновок

Вивчаючи турбулентний рух, зазвичай мають справу не з реальними значеннями величин, що характеризують рух, а з їх усередненими за часом значеннями. Тому доцільно переходити до середніх показників і до рівняння руху в'язкої рідини. Для цього замість фактичних (фактичних) швидкостей і тисків підставляємо їх вирази для відповідних середніх і імпульсних величин в рівняння Нав'є-Стокса, а потім виконуємо операцію усереднення цих рівнянь, тобто інтегруємо їх член за членом в інтервалі $(t, t + T)$ і ділимо член за членом у T . Ми виконаємо всі обчислення, крім першого, з першим рівнянням Нав'є-Стокса, для решти рівнянь результат буде записаним перетворенням за аналогією з результатом перетворень на першому рівнянні, круговою перестановкою літер.

Розділ 3

Експериментальне дослідження узагальнених параметрів для процесу дозування в'язких харчових продуктів

3.1. Постановка задачі експериментального дослідження.

Необхідність проведення експериментальних досліджень найважливіших параметрів харчових продуктів сповільнюється та можливості їх корекції в апаратах різної компоновки:

а) перевірка припущень, прийнятих під час розробки математичної моделі, з реальних умов процесу дозування;

б) перевірити адекватність математичної моделі по відношенню з реальним процесом дозування в'язких харчових продуктів.

3.2. Мета дослідження експерименту

Визначити оптимальні параметри в'язкого продукту та отримати відповідне рівняння регресії з відповідною графічною залежністю. Перевірте важливість основних параметрів процесу (тиск, динамічна в'язкість, швидкість дозування та пакування) для отримання точності дози (час наповнення контейнера)[3]

Для цього:

- перевіряємо дотримання фактичних умов дозування при розрахунковій тривалості процесу дозування в'язкого харчового продукту;

- перевіряємо адекватність математичної моделі дозування в'язких харчових продуктів реальним умовам процесу.

3.3. Опис експериментальної установки дослідження параметрів дозування в'язкого харчового продукту

Є дві частини експериментальної установки:

1. Віскозиметр
2. Дозатор поршневого типу для в'язких харчових продуктів.

3.3.1. Експериментальні дослідження на віскозиметрі

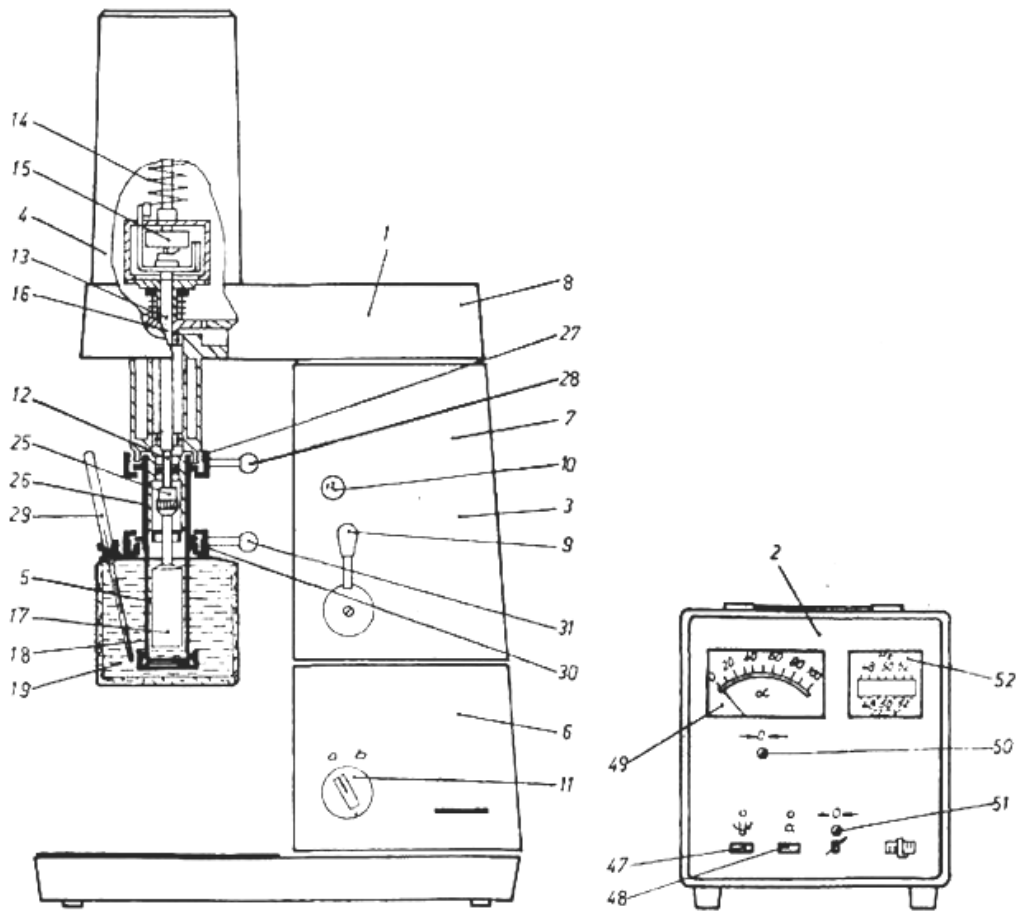
Зсувні властивості виявляються при тангенціальному переміщенні шарів виробу. Використовують капілярні віскозиметри, ротаційні віскозиметри, пенетрометри, прилади з одночасним розташуванням площини на пластинах та ін. для вимірювання зазначених властивостей.

Віскозиметр (від лат. *viscos* — в'язкий) — прилад для визначення в'язкості речовини. В'язкість вимірюється в пуазах (Па·с). Вони використовуються в нафтовій промисловості для визначення в'язкості бурових розчинів і шламів, нафти і нафтопродуктів, технологічних рідин, а також у харчовій промисловості. Найбільшого поширення набули ротаційні та кулькові віскозиметри.[11]

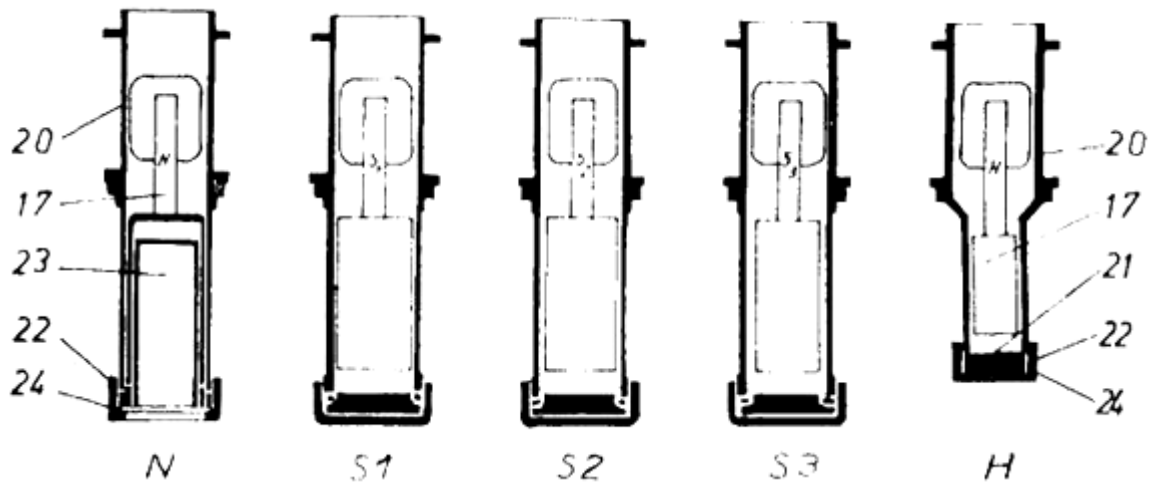
У нашому випадку ми використовуємо ротаційний віскозиметр. Два тіла обертання, однакові або різні, зведені вздовж осей так, що одне з них торкається іншого зсередини (прикладом може бути куля, вписана в конус). Простір між тілами заповнюється досліджуваною речовиною, і до одного з тіл прикладається крутний момент, тіло починає обертатися з кутовою швидкістю, що залежить від в'язкості речовини (у віскозиметрах, як правило, швидкість при якому відбувається обертання, стабілізуйте та виміряйте крутний момент). Робочий діапазон стандартних віскозиметрів поширюється

від 1 мПа•с до сотень тисяч Па•с. Широкий діапазон таких вимірювань досягається зміною швидкості обертання шпинделя від 0,01 обороту в хвилину до 100, а також використанням шпинделів різних розмірів у різних діапазонах в'язкості.

Роторний віскозиметр REOTEST 2 складається:



(Рис. 3.1.(а)). Загальний вид експериментальної установки.



1 - віскозиметр;

2 - установка для вимірів;

3 – робочий привід;

4 – вимірювальний головний механізм;

5 - циліндричний перший вимірювальний пристрій;

6 – робоча стійка;

7 - ступінчаста робоча коробка передач;

8 - передачі;

9 - важіль перемикання;

10 - шкала обертів;

11 - перемикач обертів (а - б);

12 - вимірювальний вал;

13 – привідний вал;

14 - динамометр;

15 - потенціометр;

- 16 - перемикач робочого діапазону (I-II);
- 17 - вимірювальний прилад;
- 18 - вимірювальна робоча ємність;
- 19 – термостат ємність;
- 20 - вимірювальна робоча трубка;
- 21 – перша кришка;
- 22 - ущільнення трубки;
- 23 - вставка;
- 24 – ліва гайка;
- 25 – робоча муфта;
- 26 – вихідна втулка;
- 27 – натяжне перше кільце;
- 28 – натяжний робочий важіль;
- 29 – термометр лівий;
- 30 - натяжне робоче кільце;
- 31 - натяжний другий важіль;
- 32 - вимірювальний конус;
- 33 - напрямна пластина;
- 34 - вимірювальна пластина;
- 35 - вимірювальний датчик температури;
- 36 – натяжне нижнє кільце;

- 37 – натяжний робочий важіль;
- 38 – канал впуск;
- 39 – канал выпуск;
- 40 – термостат камера;
- 41 - мікрометричний правий гвинт;
- 47 – вимикач/ двигуна;
- 48 – вимикач/ вимірювального механізму;
- 49 - індикаторний системний прилад;
- 50,51 – установка циферблат/ нуля;
- 52 – давач частоти; [15]

Форма для приймального елемента (ротора) залежить від типу досліджуваного матеріалу (ньютонівський чи неньютонівський) і діапазону вимірюваних значень в'язкості. При аналізі рідин, таких як водні розчини, вино, рідке масло при підвищеній температурі, в'язкість яких не залежить від швидкості переміщення в вимірювальному зазорі, використовуються ротори для будь-якої форми (найчастіше циліндр-циліндр або конус-конус). Неньютонівські робочі матеріали, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву, можна випробовувати на ротаційних віскозиметрах з вимірювальними поверхнями типу циліндр-циліндр з малим робочим зазором. У дослідженні дуже в'язких матеріалів значніше використовувати вимірювальні поверхні типу конус - площина з кутом 3-5 градусів між конусом і площиною або конус з робочим зазором від 0,2 до 0,5 мм. Завдяки таким типам роторів вдається отримати рівномірний розподіл напруги зсуву в робочому зазорі. Чутливі

поверхні використовуються для вимірювання дуже низької в'язкості ньютонівських рідин.

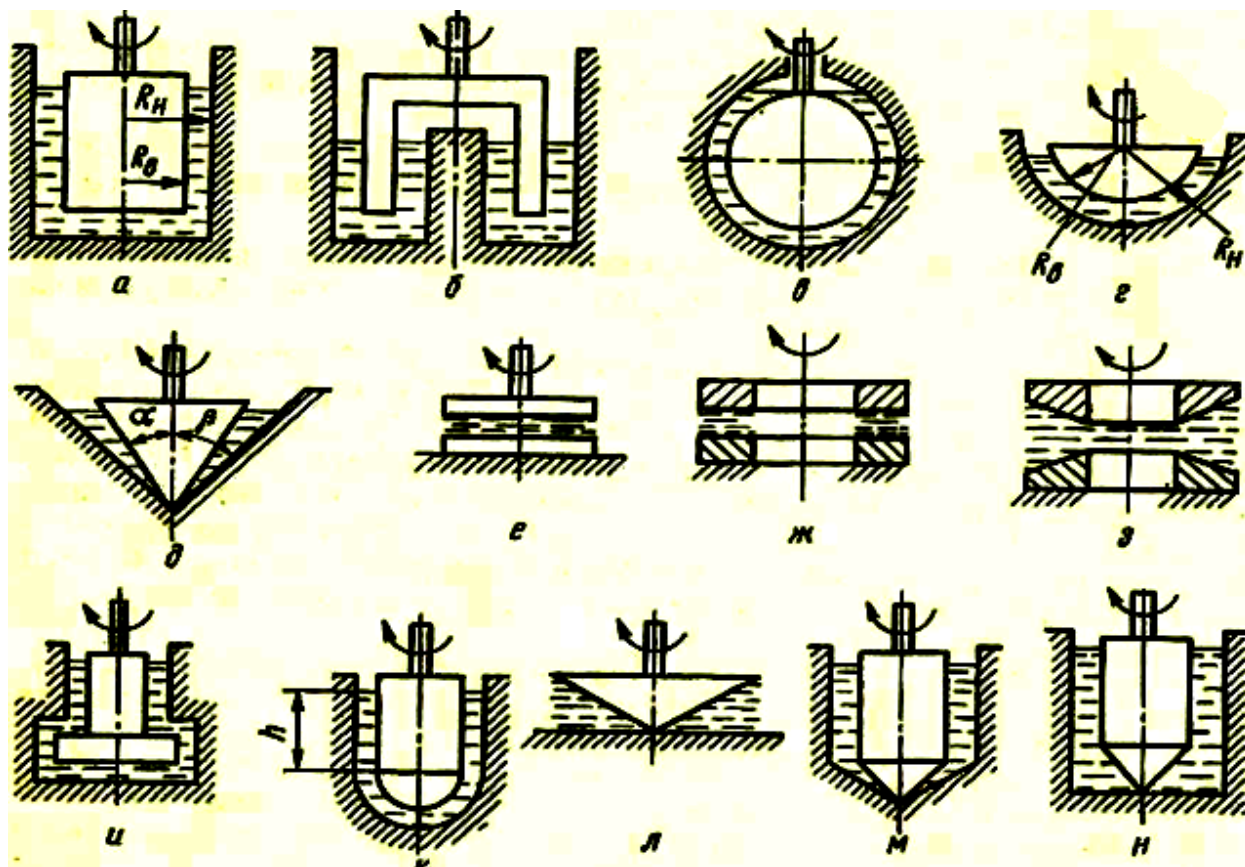


Рис. 3.2 Принципові схеми ротаційних віскозиметрів:

а, б — співвісні циліндри; в — куля; д — півкуля; д — конус; в - паралельні плоскі пластини; е - плоскі кільця; в— конічні кільця; і — комбінація циліндр — диск; к — циліндр — комбінація півкуль; і — комбінація конус — диск; м - циліндр - конус суміші; н — комбінація циліндра, конуса і диска. Найбільше застосування в харчовій промисловості мають коаксіально-циліндричні поверхні для вимірювання характеристик в'язких і в'язкопластичних виробів (див. рис. 3.2. а, к, м).[16]

Існує два основних варіанти пристрою з коаксіальними циліндрами. У першому досліджуваний матеріал поміщають у зазор між роторами, один з них фіксують у рівномірному обертальному русі, а інший циліндр підвішують

на пружній струні або пружно з'єднують з вимірювальною системою. В'язкість розраховується на основі швидкості першого циліндра і кута повороту другого циліндра відносно його початкового положення. Цей метод в основному використовується для дослідження рідин і газів з низькою в'язкістю.

У другому варіанті зовнішній циліндр нерухомий, внутрішній приводиться в обертання падаючим вантажем або електродвигуном через систему вимірювання сили.

Чутливий елемент віскозиметра знаходиться в стані рівноваги (статичного) або руху (динамічного). Статичні елементи використовуються в приладах для вимірювання в'язкості і в лабораторних ротаційних віскозиметрах. Ці чутливі робочі елементи, що створені на основі механічних пружних елементів - стрижнів, розтяжок, пружин, асинхронних електродвигунів з порожнистим ротором або ротором у вигляді «колеса-свистка», пар сельсинів. В якості чутливих динамічних елементів використовуються різні види електричних машин - асинхронні, постійного струму, синхронні, реактивні.

Зовнішній вигляд і конструкція приймальних елементів і посудин для рідини впливають на технічні характеристики віскозиметра, головним чином на діапазон вимірювання в'язкості. Найбільш поширеним типом ротора є циліндр (рисунок 3.3. а), який використовують для рідин середньої та високої в'язкості (від 50 до 10 МПа • с). Для вимірювання в'язкості при високому числі Рейнольдса дно циліндричного ротора має бути виконано у формі чашки, що зменшує вплив торцевого зазору на результат вимірювання. Дзвонові ротори (рисунок 3.3, б) застосовуються для рідин малої в'язкості (від 2 до 103 МПа • с), таких як олії, фруктові соки, розбавлені розчини. Для

випробувань матеріалів із середнім значенням в'язкості застосовують ротори у вигляді циліндра з конічною основою (рисунок 3.3, в), а для високов'язких матеріалів, які після вимірювання важко видалити, - конічні ротори. (Рис. 3.3.d).

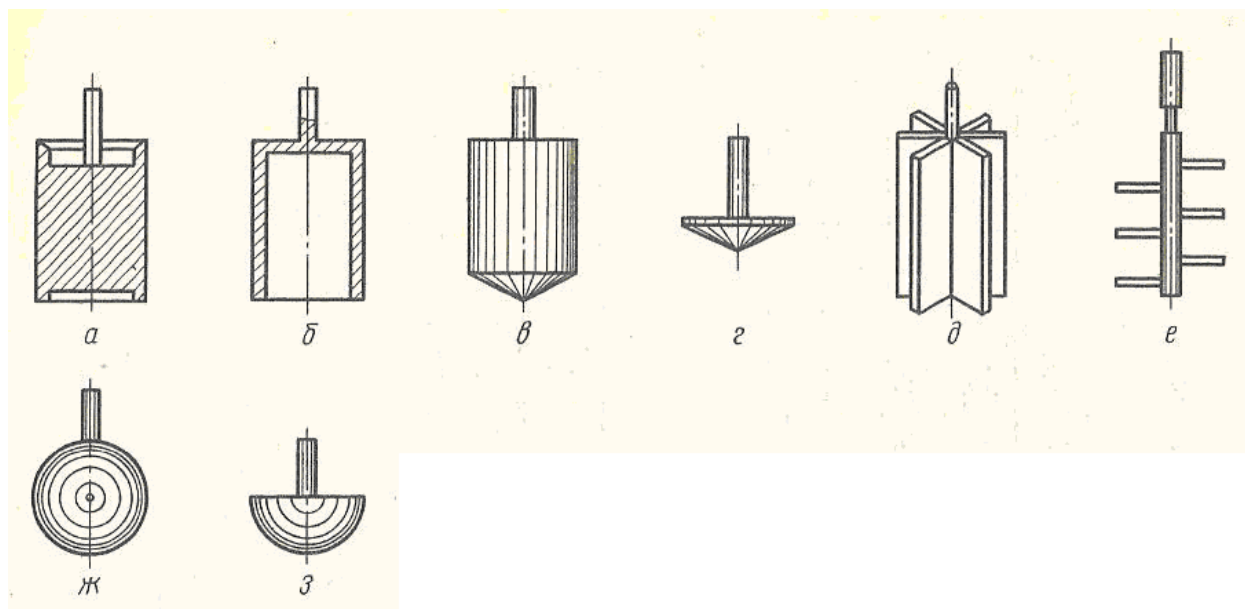


Рис. 3.3. Типи активних елементів: а – циліндр; б – дзвонові; в – циліндр з конічною основою; д – конус; г – зірчасті; е - голки; з - сфера; в — півкуля.

При випробуванні харчової маси зі слабкими адгезивними властивостями на ротори наносять борозенки. Для грубодисперсних і неоднорідних матеріалів застосовують зіркоподібні (рисунок 3.3, д) або голчасті (рисунок 3.3, е) ротори. Розроблено теоретичні основи ньютонівської течії рідини для типів а, б, с і д. За винятком найпростіших випадків (циліндр - циліндр і конус - площина) методи досить точні для визначення значень контактних напруг і швидкості переміщення. За допомогою пристроїв із такими роторами можна визначити фактичну криву потоку неньютонівських матеріалів.[18]

Віскозиметри з коаксіальними циліндрами — це найбільша і найрізноманітніша за конструкцією група приладів, які працюють за одним із

таких принципів: 1) внутрішній циліндр обертається і на ньому вимірюється момент; 2) внутрішній циліндр обертається, а на зовнішньому циліндрі вимірюється момент; 3) зовнішній циліндр обертається, а на внутрішньому циліндрі вимірюється момент; 4) зовнішній циліндр обертається і на ньому вимірюється момент. На практиці частіше використовуються 1-й та 2-й, 3-й принципи. По 1-му прикладається певний момент і вимірюється обертання ротора або, навпаки, задається частота обертання ротора і вимірюється момент. За допомогою 2-го і 3-го принципів крутний момент можна виміряти на іншому нерухомому роторі при певній частоті обертання одного ротора.

Для забезпечення постійної частоти обертання ротора часто використовують синхронний електродвигун. Зараз випускаються віскозиметри, оснащені автоматичним пристроєм для зміни частоти обертання за певною програмою. Прилад підключають до самописця або шлейфового осцилографа, який безпосередньо записує криву досліджуваного процесу.

Формулою в'язкості є:

$$\eta = \frac{\tau_r}{D_r},$$

τ_r - дотичне напруження;

D_r - швидкість зсуву, табл. значення;

$$\tau_r = z \times \alpha,$$

z – константа циліндра, для циліндра S2 $Z=11,9$;

α - покази приладу;

На підставі граничних даних, встановлених під час експерименту, визначено значення в'язкості дозованого продукту (табл. 3.1). За формулою для визначення в'язкості задамо значення та побудуємо графік співвідношення на основі отриманих експериментальних даних (табл. 3.2.).

Показники віскозиметра (Таб. 3.1.)

Положення перемикача коробки передач		S2	
I	II	Dr	f
	1b	0,500	200,0
	2b	0,900	111,1
1a		1,000	100,0
	3b	1,500	66,50
2a		1,800	55,60
	4b	2,700	37,04
3a		3,000	33,33
	5b	4,500	22,22
4a		5,400	18,52
	6b	8,100	12,34
5a		9,000	11,11
	7b	13,50	7,410
6a		16,20	6,170
	8b	24,30	4,115
7a		27,00	3,704
	9b	40,50	2,469
8a		48,60	2,058
	10b	72,90	1,372
9a		81,00	1,234
	11b	121,5	0,823
10a		145,8	0,686

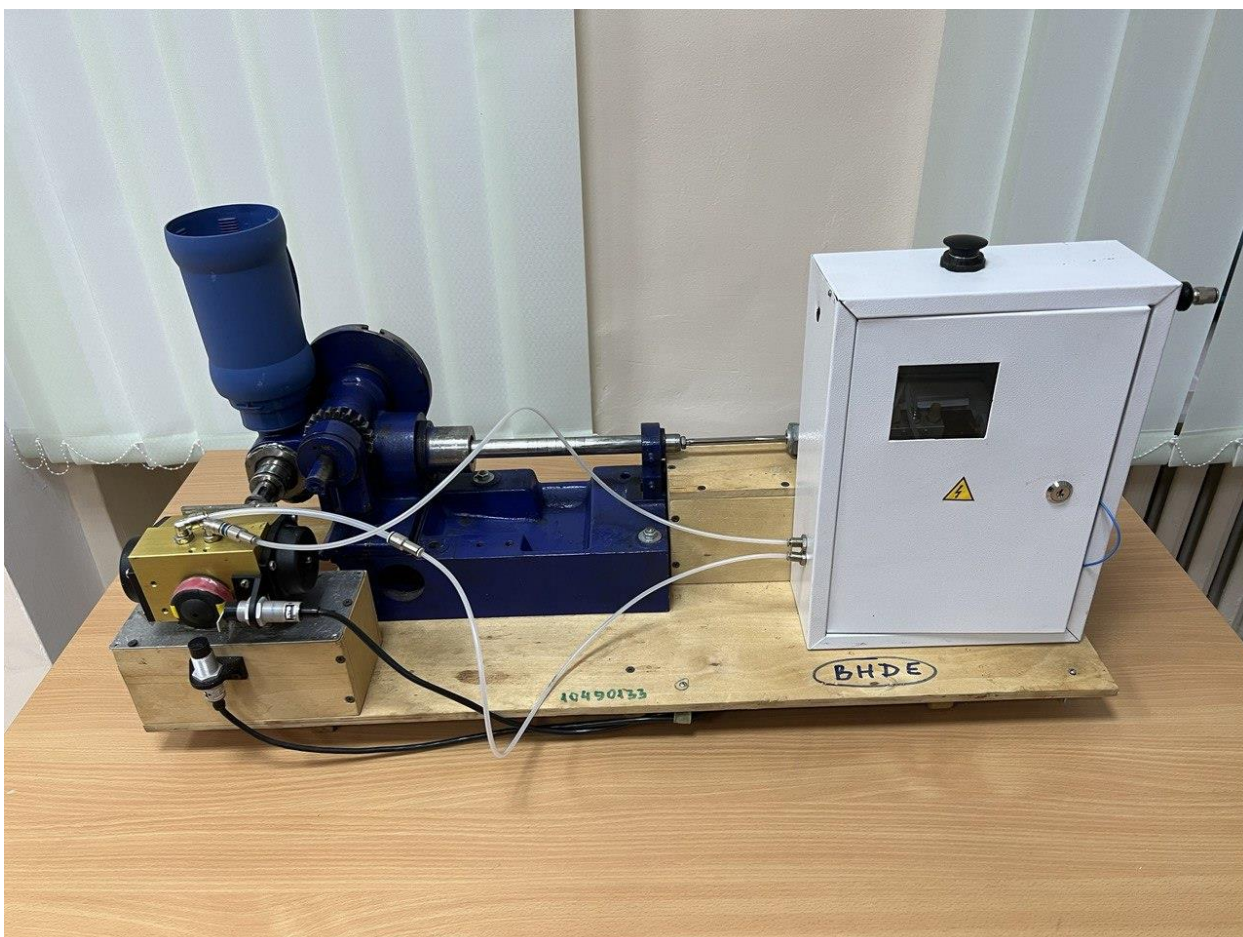
3.3.2. Порядок серії дослідів на віскозиметрі

3.3.2. Порядок проведення серії дослідів на віскозиметрі

1. Встановлюємо пристрій і підключаємо його до мережі.
2. Перед початком вимірювань необхідно перевірити нульове положення.
3. Наповніть ємність виробом згідно з поданим дослідом і встановіть на прилад. При дослідженні експериментальна маса поміщається в зазор між рухомим (внутрішнім) і нерухомим (зовнішнім) співвісними циліндрами.
4. Вимірюємо коефіцієнт α при 24 швидкостях обертання робочого циліндра.
5. Знаходимо в'язкість продукту Який залежить від швидкості обертання робочого циліндра.
6. Переходимо від віскозиметра до поршневого розподільника.
7. Встановіть розподільник і підключіть його до джерела живлення.
8. Проводимо активний багатофакторний експеримент.
9. Встановіть найкращі параметри.

3.4. Експериментальні дослідження на основі поршневого дозатора

3.4.1. Вид дослідного варіанту

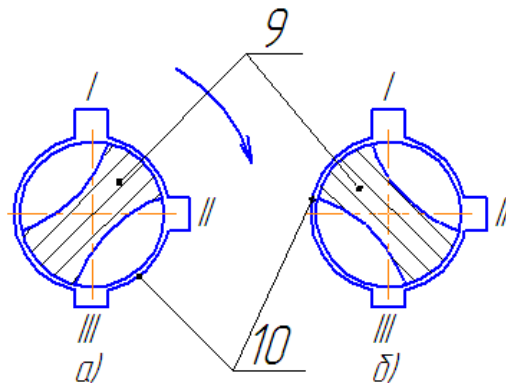


Поршневий дозатор у виконанні операції дозування в'язкого харчового продукту в чашку, був сфотографований на камеру власного смартфона.

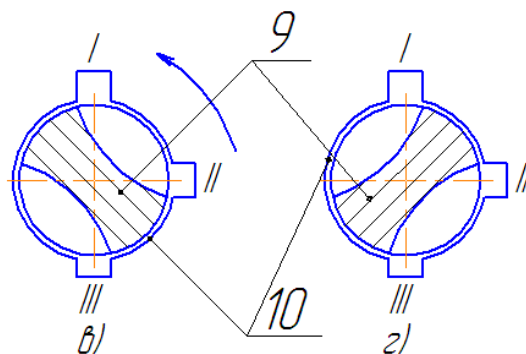
3.4.2. Принцип роботи данної установки:

При натисканні нефіксованої електричної кнопки сигнал надійде на пілот, який для зміниться і, в свою чергу, нагнітає повітря у вхідний отвір пневмодвигуна. Пневматичний двигун передаватиме крутний момент за

допомогою жорсткого з'єднання, а золотник для змінити своє положення на 90 градусів.



Коли золотник встановлено в положення, два канали I (введення продукту) і II (канал вимірювання циліндра) будуть підключені, а останній датчик буде активований. за допомогою пневматичного циліндра, якщо буде сигнал від датчика (який фіксуватиме, що пневматичний циліндр втягнутий і завершено процес вибору дози), повітря потрапить, що спричинить обертання золотника.



Після цього підключаються канали II (канал мірного циліндра) і III (вихідна труба). Після з'єднання каналів і досягнення команди останнього датчика і його вимкнення, змушуючи поршень рухатися (щоб штовхнути поверхню в споживчу ємність).

3.5. Умови проведення факторного експерименту другого порядку на основі моделі поршневого розподільника

Визначаємо інтервали для зміни параметрів, які впливають на процес дозування. За даними таблиці 3.2 визначимо важливість основних досліджуваних параметрів. використання основних способів опрацювання рівняння багатьох змінних.

Заміри проводились для сметани 15% Табл. 3.2.

<i>Інтервали варіювання</i>	x_1 (P, МПа)	x_2 (V, м/с)	x_3 (τ)
<i>Нульовий рівень</i>	0,5	0,12	250,1
<i>Крок варіювання</i>	0,11	0,062	20,2
<i>Нижній рівень</i>	0,41	0,062	230,1
<i>Верхній рівень</i>	0,61	0,182	270,2

Фактичний експеримент другого порядку для нелінійних об'єктів описується поліномом.

$$y = b_0 + \sum_i^n b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + \sum_i^n b_{ii} x_i^2.$$

В цьому випадку

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_1 x_2 + b_5 x_1 x_3 + b_6 x_2 x_3 + b_7 x_1 x_2 x_3 + b_8 x_1^2 + b_9 x_2^2 + b_{10} x_3^2.$$

Находимо потрібну кількість дослідів:

$$N = N_n + N_\alpha + N_0 = 2^n + 2n + 1 = 2^3 + 2 \cdot 3 + 1 = 15$$

Через це план досліджу буде мати вигляд: Для отримання ортогональних планів другого порядку необхідно виконати деякі перетворення над стовпцями квадратичних змінних і над стовпцем Z_0 . Це пов'язано з неортогональністю стовпців матриці, через те, що

$$\sum_{u=1}^N z_{0u} z_{iu}^2 \neq 0; \quad \sum_{u=1}^N z_{iu}^2 z_{ju}^2 \neq 0.$$

Введемо перетворення для ортогональності вихідного плану

$$z'_i = z_i^2 - \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N z_{iu}^2 = z_i^2 - \bar{z}_i^2$$

і

$$\sum_{u=1}^N z_{0u} z'_{iu} = \sum_{u=1}^N z_{0u} z_i^2 - \sum_{u=1}^N z_{0u} \bar{z}_i^2 = 0$$

Находимо x_i^1 :

$$1 - 10,95/15 = 0,27$$

$$0 - 10,95/15 = -0,73$$

$$1,215^2 - 10,95/15 = 0,746$$

Знаходження коефіцієнтів регресії

$$b'_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N y_u; \quad b_i = \frac{\sum_{u=1}^N z_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^N z_{iu}^2};$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N z_{iu} z_{ju} y_u}{\sum_{u=1}^N (z_{iu} z_{ju})^2}; \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N z'_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^N (z'_{iu})^2};$$

$$b'_0 = 15^{-1}(8,2+9,2+8,4+9,3+4,2+5,2+4,4+5,6+4,7+5,7+4,9+5,8+7,8+5+6) = 6,29$$

$$b_1 = 10,95^{-1}(8,2-9,2+8,4-9,3+4,2-5,2+4,4-5,6+4,7 \cdot 1,215-5,7 \cdot 1,215) = -0,48$$

$$b_2 = 10,95^{-1}(8,2+9,2-8,4-9,3+4,2+5,2-4,4-5,6+4,9 \cdot 1,215-5,8 \cdot 1,215) = -0,18$$

$$b_3 = 10,95^{-1}(8,2+9,2+8,4+9,3-4,2-5,2-4,4-5,6+7,8 \cdot 1,215-5 \cdot 1,215) = 1,745$$

$$b_4 = 8^{-1}(8,2-9,2-8,4+9,3+4,2-5,2-4,4+5,6) = 0,013$$

$$b_5 = 8^{-1}(8,2-9,2+8,4-9,3-4,2+5,2-4,4+5,6) = 0,038$$

$$b_6 = 8^{-1}(8,2+9,2-8,4-9,3-4,2-5,2+4,4+5,6) = 0,038$$

$$b_7 = 8^{-1}(8,2-9,2-8,4+9,3-4,2+5,2+4,4-5,6) = -0,038$$

$$b_8 = 4,36^{-1}((8,2+9,2+8,4+9,3+4,2+5,2+4,4+5,6) \cdot 0,27 + (4,7+5,7) \cdot 0,746 - (4,9+5,8+7,8+5+6) \cdot 0,73) = 0,215$$

$$b_9 = 4,36^{-1}((8,2+9,2+8,4+9,3+4,2+5,2+4,4+5,6) \cdot 0,27 + (4,9+5,8) \cdot 0,746 - (4,7+5,7+7,8+5+6) \cdot 0,73) = 0,317$$

$$b_{10} = 4,36^{-1}((8,2+9,2+8,4+9,3+4,2+5,2+4,4+5,6) \cdot 0,27 + (7,8+5) \cdot 0,746 - (4,7+5,7+4,9+5,8+6) \cdot 0,73) = 1,028$$

Знаходимо за формулою оцінки дисперсії

$$S_{ij}^2 = (m-1)^{-1} \sum_1^{m=3} (\bar{y}_{ij} - y_{ij})^2$$

$$S_{1j}^2 = (3-1)^{-1}[(8,2-8,0)^2 + (9,2-9,1)^2 + (8,4-8,5)^2 + (9,3-9,1)^2 + (4,2-4,1)^2 + (5,2-5,3)^2 + (4,4-4,6)^2 + (5,6-5,7)^2 + (4,7-4,8)^2 + (5,7-5,6)^2 + (4,9-4,8)^2 + (5,8-5,9)^2 + (7,8-7,7)^2 + (5-4,9)^2 + (6-6,1)^2] = 0,12$$

$$S_{2j}^2 = (3-1)^{-1}[(8,2-8,3)^2 + (9,2-9,4)^2 + (8,4-8,5)^2 + (9,3-9,4)^2 + (4,2-4,4)^2 + (5,2-5,3)^2 + (4,4-4,3)^2 + (5,6-5,4)^2 + (4,7-4,8)^2 + (5,7-5,9)^2 + (4,9-5,1)^2 + (5,8-5,9)^2 + (7,8-7,7)^2 + (5-5,2)^2 + (6-5,8)^2] = 0,18$$

$$S_{3j}^2 = (3-1)^{-1}[(8,2-8,3)^2 + (9,2-9,1)^2 + (8,4-8,2)^2 + (9,3-9,4)^2 + (4,2-4,1)^2 + (5,2-5)^2 + (4,4-4,3)^2 + (5,6-5,7)^2 + (4,7-4,5)^2 + (5,7-5,6)^2 + (4,9-4,8)^2 + (5,8-5,6)^2 + (7,8-8)^2 + (5-4,9)^2 + (6-6,1)^2] = 0,15$$

Знаходимо сумму дисперсій

$$\sum S_{lj}^2 = 0,12 + 0,18 + 0,15 = 0,45$$

Знаходимо розрахунковий критерій Кохрена

$$G_p = \frac{S_{\max}^2}{\sum S_{lj}^2} = \frac{0,18}{0,45} = 0,4$$

Знаходимо критичне (табличне) значення Кохрена за степенями свободи:

$$f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$f_2 = N = 15$$

$$G_{кр} = 0,7341$$

Через те, що $G_p \leq G_{кр}$, то дисперсії однорідні та одержані дані є відтворювані в часі та просторі.

Знаходимо загальну дисперсію

$$S_0^2 = \frac{\sum_{l=1}^m S_{lj}^2}{N} = \frac{0,45}{15} = 0,03$$

Перевіряємо отримані коефіцієнти на значущість за критерієм Стьюдента.

Знаходимо дисперсію коефіцієнтів

$$S_{b_0}^2 = \frac{S_0^2}{N} = \frac{0,03}{15} = 0,002$$

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_0^2}{\sum_{u=1}^N z_{iu}^2} = \frac{0,03}{10,95} = 0,0027$$

$$S_{b_{ij}}^2 = \frac{S_0^2}{\sum_{u=1}^N (z_{iu} z_{ju})^2} = \frac{0,03}{8} = 0,0038$$

$$S_{b_{ii}}^2 = \frac{S_0^2}{\sum_{u=1}^N (z'_i)^2} = \frac{0,03}{4,36} = 0,0069$$

Визначаємо середньоквадратичне відхилення

$$S_{b_0} = \sqrt{S_{b_0}^2} = \sqrt{0,002} = 0,045$$

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} = \sqrt{0,0027} = 0,052$$

$$S_{b_{ij}} = \sqrt{S_{b_{ij}}^2} = \sqrt{0,0038} = 0,062$$

$$S_{b_{ii}} = \sqrt{S_{b_{ii}}^2} = \sqrt{0,0069} = 0,083$$

Знаходимо критерій Стюдента

$$t_{pi} = \frac{|\beta_i|}{S_{\beta_i}}$$

$$t_{p0} = \frac{6,293}{0,045} = 139,8; \quad t_{p1} = \frac{0,485}{0,052} = 9,3;$$

$$t_{p2} = \frac{0,182}{0,052} = 3,55; \quad t_{p3} = \frac{1,745}{0,052} = 33,6;$$

$$t_{p4} = \frac{0,013}{0,062} = 0,2; \quad t_{p5} = \frac{0,038}{0,062} = 0,61;$$

$$t_{p6} = \frac{0,038}{0,062} = 0,61; \quad t_{p7} = \frac{0,038}{0,062} = 0,61;$$

$$t_{p8} = \frac{0,215}{0,083} = 2,6; \quad t_{p9} = \frac{0,317}{0,083} = 3,8;$$

$$t_{p10} = \frac{1,028}{0,083} = 12,4.$$

Знаходимо критичне (табличне) значення Стьюдента

$$f = N(m-1) = 15(3-1) = 30$$

$$t_{кр} = 2,04$$

Порівняймо t_p та $t_{кр}$.

t_{p5} , t_{p6} , t_{p7} – незначущі, відмінюємо, решта членів многочлена значущі через

$t_p \geq t_{кр}$. Тож, рівняння регресії буде виглядати таким чином:

$$\hat{y} = 6,293 - 0,485z_1 - 0,182z_2 + 1,745z_3 + 0,215(z_1^2 - \bar{z}_1^2) + 0,317(z_2^2 - \bar{z}_2^2) + 1,028(z_3^2 - \bar{z}_3^2).$$

$$z'_i = z_i^2 - \bar{z}_i^2$$

Перевіривши отримане рівняння регресії на адекватність, відповідно до критеріїв Фішера

Визначаємо дисперсію відповідності

$$S_{ad}^2 = (N-l)^{-1} \sum_1^N (\hat{y}_j - \bar{y}_i)^2$$

Табл.3.6.

№ досліду	y_i	y_i	$y_i - y_i$	$(y_i - y_i)^2$
1	8,21	8,01	0,21	0,041
2	9,21	9,11	0,11	0,011
3	8,41	8,31	0,11	0,011
4	9,31	9,11	0,21	0,041
5	4,22	4,111	0,11	0,011
6	5,22	5,1	0,11	0,011
7	4,41	4,31	0,11	0,011
8	5,61	5,41	0,21	0,041
9	4,72	4,61	0,11	0,011
10	5,71	5,51	0,21	0,041
11	4,91	4,81	0,11	0,011
12	5,81	5,71	0,11	0,011
13	7,82	7,61	0,21	0,041
14	5,0	4,81	0,21	0,041
15	6,0	5,91	0,11	0,011
Всього				0,331

$$S_{ad}^2 = (15 - 7)^{-1} \cdot 0,33 = 0,041$$

Знаходимо критерій Фішера

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2} = \frac{0,041}{0,03} = 1,37$$

Знаходимо (табличне) значення критерію Фішера по двох ступеням свободи

$$f_1 = N - n - 1 = 15 - 3 - 1 = 11$$

$$f_2 = N(m - 1) = 15(3 - 1) = 30$$

$$F_{кр} = 2,12$$

$F_p \leq F_{кр}$ – одержане рівняння регресії є дійсним.

$$\hat{y} = 6,293 - 0,485z_1 - 0,182z_2 + 1,745z_3 + 0,215(z_1^2 - \bar{z}_1^2) + 0,317(z_2^2 - \bar{z}_2^2) + 1,028(z_3^2 - \bar{z}_3^2).$$

Полегшимо рівняння регресії:

$$b_0 = b'_0 - b_{11}\bar{z}_1^2 - b_{12}\bar{z}_2^2 - b_{13}\bar{z}_3^2 - b_{14}\bar{z}_4^2$$

$$\bar{z}_i^2 = z_i^2 - z_i'$$

$$b_0 = 6,293 - 0,215 \cdot 0,73 - 0,317 \cdot 0,73 - 1,028 \cdot 0,73 = 5,154$$

$$\hat{y} = 5,154 - 0,485z_1 - 0,182z_2 + 1,745z_3 + 0,215z_1^2 + 0,317z_2^2 + 1,028z_3^2.$$

Повернемо кодові змінні z_i до x_i .

$$z_i = \frac{x_i - x_{i(0)}}{\Delta x}$$

$$z_1 = \frac{x_1 - 0,5}{0,1}; \quad z_2 = \frac{x_2 - 0,12}{0,06};$$

$$z_3 = \frac{x_3 - 250}{20}$$

Тоді рівняння регресії набуде вигляду:

$$y = 146,6 - 1,171\tau - 26,35P - 2,416V + 0,00257\tau^2 + 21,5P^2 + 0,88IV^2.$$

Вплив факторів, перелічених у таблиці 3.2, узагальнених у рівнянні регресії, можна дослідити за допомогою отриманих графіків залежності на рисунку 3.6 (а, б).

Модель рецептури, засновану на рівнянні регресії, можна використовувати для моніторингу змін P, V, t для продуктів з подібними механічними властивостями:

механічними властивостями:

$P =$	0.4
	0.43
	0.46
	0.49
	0.52
	0.55
	0.58

$V =$	0.06
	0.08
	0.1
	0.12
	0.14
	0.16
	0.18

$z(P, V) =$	
	9.551
	9.295
	9.079
	8.901
	8.762
	8.662
	8.6
	9.314
	9.059
	8.842
	8.665
	8.526
	8.425
	8.364
	9.148
	...

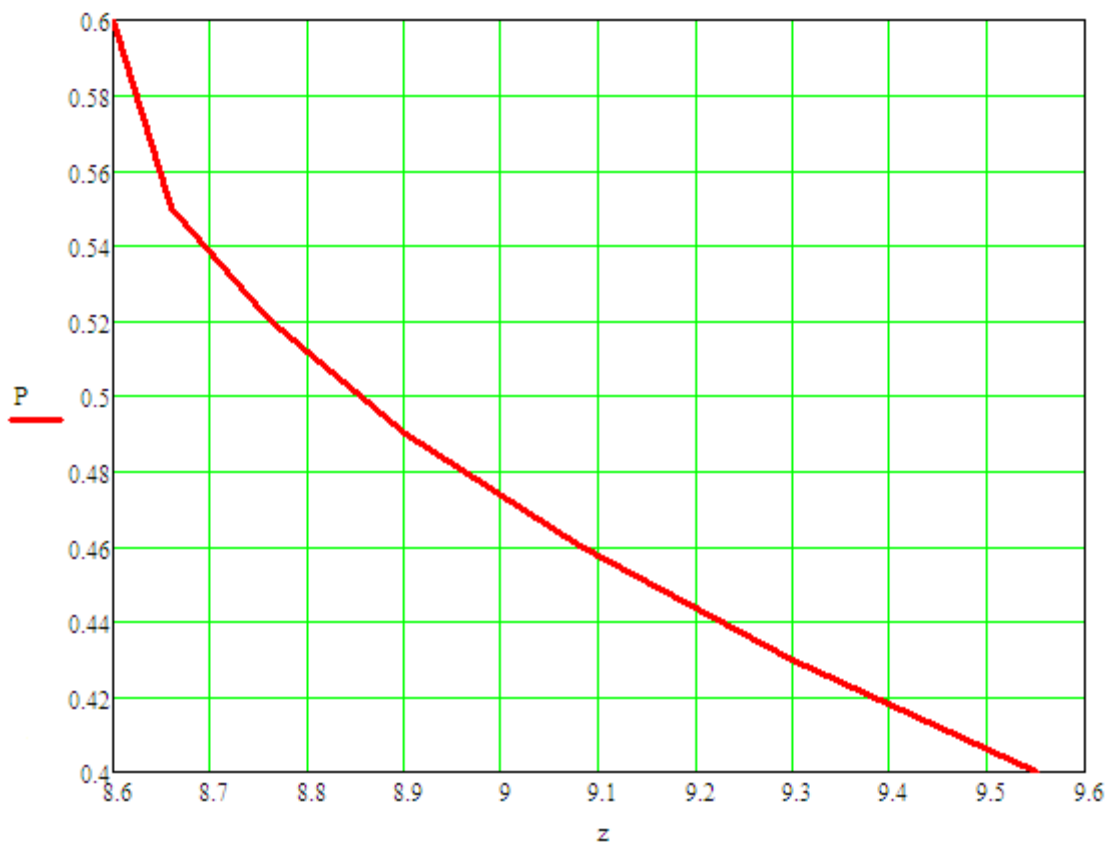


Рис.3.8 Вплив для зміни тиску в магістралі на час дозування сметани 15%

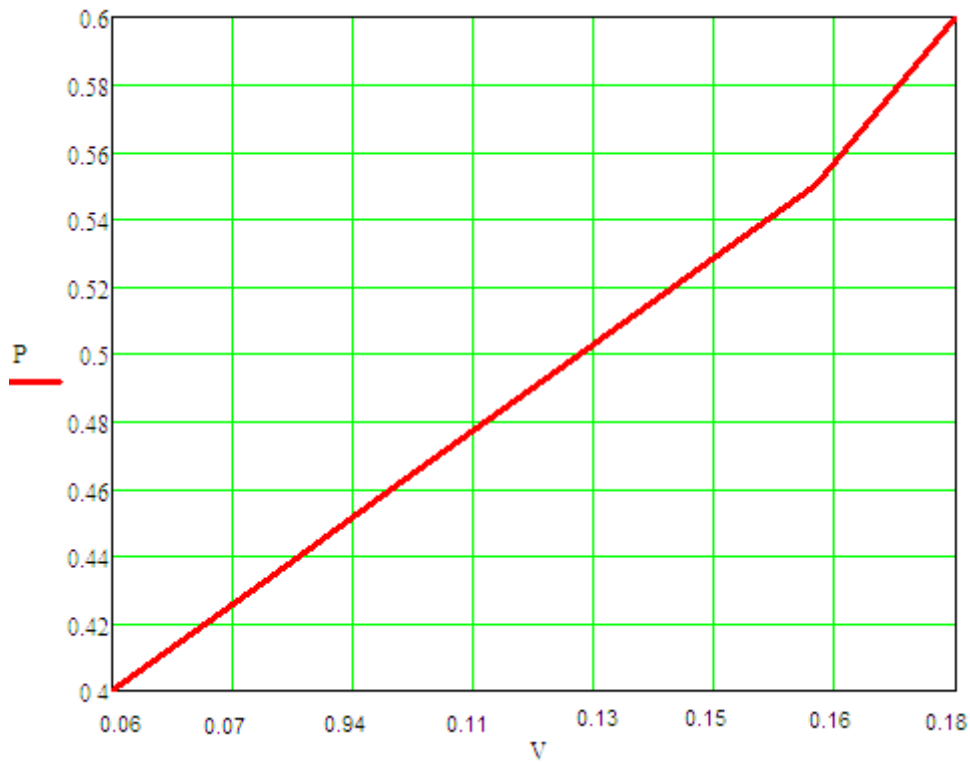


Рис.3.9 Вплив для зміни швидкості відбору дози від магістрального тиску

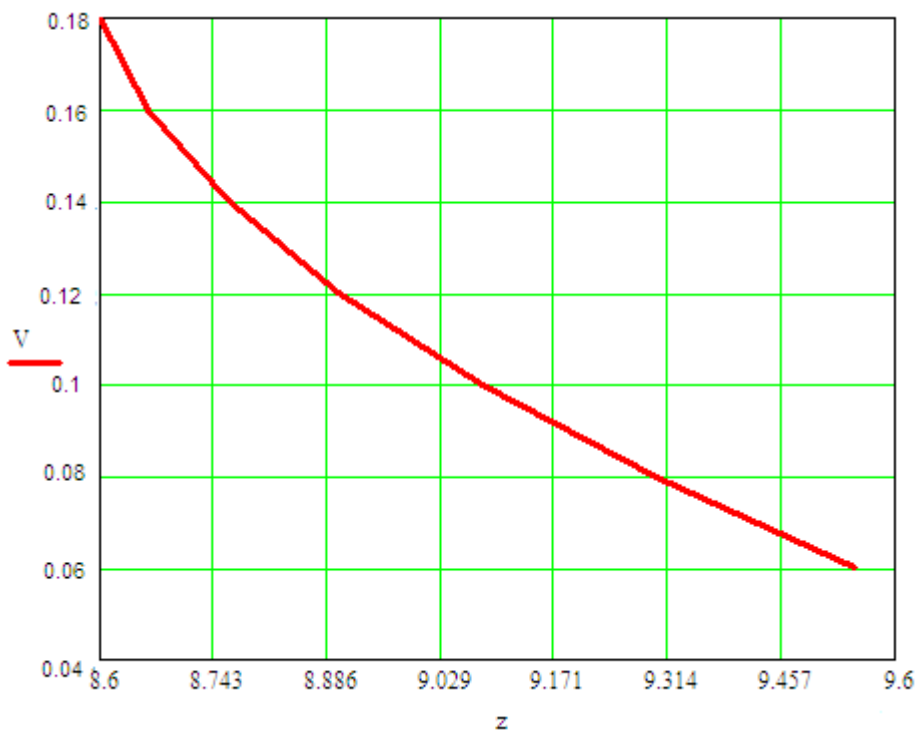


Рис.3.10 Вплив для зміни швидкості на час дозування сметани 15%

P =	t =	z(t,P) =
0.4	230	4.492
0.41	235	4.613
0.42	240	4.861
0.43	245	5.239
0.44	250	5.744
0.45	255	6.379
0.46	260	7.141
0.47	265	8.033
0.48	270	9.052
0.49		4.403
0.5		4.523
0.51		4.772
0.52		5.149
0.53		5.655
0.54		6.289
0.55		7.052
0.56		7.943
0.57		8.963
0.58		4.318
0.59		4.438
0.6		...

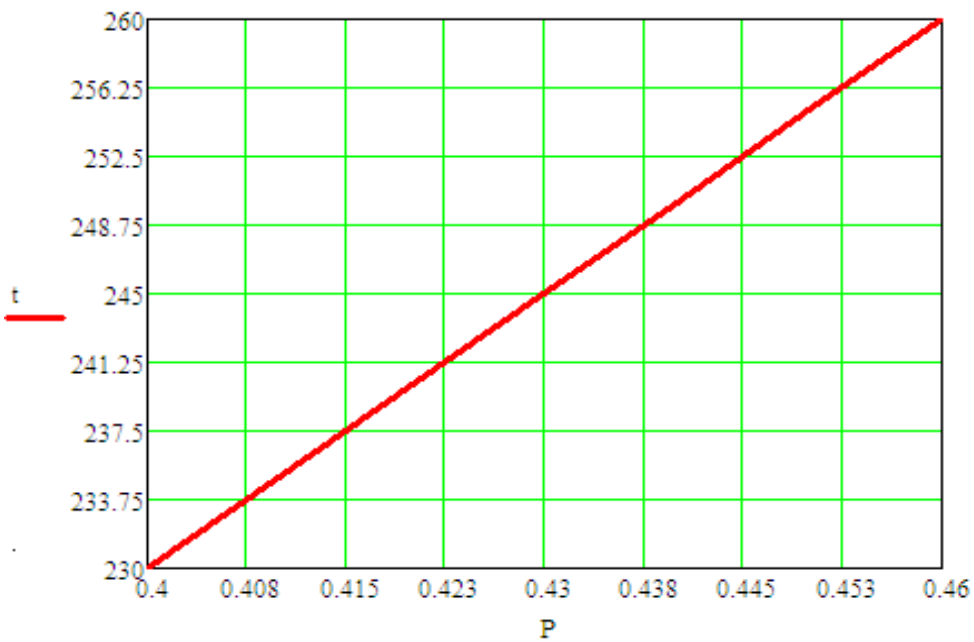


Рис.3.11. Вплив для для зміни магістрального тиску до динамічної в'язкості продукту.

Висновок 3: На основі отриманих даних можна зробити висновок про вплив параметрів тиску та швидкості виділення дози на тривалість процесу дозування.

Відповідно до отриманого рівняння регресії найбільш впливовим фактором є тиск **P**. Найкращі параметри процесу згідно з проведеними дослідженнями

$$P = 4 - 4.7 \text{ МПа}$$

$$V = 0.13 - 0.15 \text{ м/с}$$

Озброївшись цими даними, можна переходити до виконання більш складного виду процесу формування дози в поршневих дозаторах.

Одержане рівняння регресії можемо рекомендувати для подальших розрахунків поршневих розподільників при проектуванні.

Розділ 4

Охорона праці

4.1. Вимоги охорони праці при роботі з розподільником

Головний інженер підприємства:

- веде всю інженерно-технічну роботу щодо створення здорових і безпечних умов праці, підвищення культури виробництва та відповідає за стан і зниження виробничого травматизму та професійної захворюваності згідно законів, положень і правил, інструкцій та виконання трудових обов'язків. охоронні приписи.

- видає, технічні інструкції на підприємстві інспекції праці ЦК профспілки, Держтехнагляду, Держсанепіднагляду та Міністерства;

- на підставі аналізу причин нещасних випадків і захворюваності, а також вказівок вищих і контролюючих органів особисто керує розробкою відповідними службами поточних і перспективних планів удосконалення, вдосконалення та підвищення культури виробництва. умов праці, попередження травматизму та захворювань, удосконалення технології та організації праці, впровадження нової техніки та прогресивних методів праці

- надає постійну допомогу інженерно-технічним працівникам цехів, служб і відділів у їх здійсненні;

- керує роботою з обміну досвідом раціоналізаторської та винахідницької роботи в галузі охорони праці;

- керує впровадженням автоматизованих виробничих процесів, що забезпечують безпеку праці, та використанням більш досконалих конструкцій огорож для приводу рухомих частин машин на робочих місцях;

- організовує щорічне перепідготовку всіх працівників та перевірку знань техніки безпеки;

- стежить за своєчасним і ретельним проведенням первинних інформаційних зборів та інформаційних зборів на робочому місці з усіма новими працівниками та переводами з іншого цеху;

- проводить щорічні інструктажі з начальниками відділів, змін, цехів, дільниць, старшинами та старшинами щодо підвищення знань чинних норм і правил з охорони праці з додатковою атестацією; - бере участь у розслідуванні аварій і аварій, вживає заходів до усунення відомих причин і покарання винних у цьому;

- контролює випробування та своєчасну реєстрацію котельних установок, апаратів і посудин, що працюють під тиском, підйимальних механізмів відповідно до діючих правил та інструкцій;

- контролює дотримання вимог правил промислової безпеки та санітарії проектів реконструкції та будівництва промислових об'єктів, технології та обладнання, що виготовляються, а також ведення технічної документації на виконання робіт;

- організовує розроблення та затверджує інструкції з охорони праці умов і професій, забезпечує правила та інструкції для інженерно-технічних працівників;

- організовує пропаганду питань охорони праці шляхом проведення розмов в спеціальних кабінетів, виставок, стендів, лекцій, доповідей, а також обміну досвідом роботи в цій галузі;

- своєчасно доповідає вищестоящим організаціям про травматизм та використання коштів на заходи щодо поліпшення умов праці.

Висновки:

Під час проведених теоретичних досліджень щодо конструкції поршневого дозатора та приводу керування поршневого дозатора визначено основні фізико-механічні впливи на корпус дозувального пристрою під час відбору та переміщення дози продукту. Розроблено систему пошуку додаткового часу спрацювання циліндра в приводі. Удосконалено методіку підбору циліндрів для поршневого дозатора, а також дослідження динамічної в'язкості рідини в процесі дозування.

Також визначено математичні залежності та числові значення астрономічних величин, що впливають на процес вибору дози продукту та переміщення в процесі дозування. По закінченні обробки експерименту отримано рівняння регресії, яке можна рекомендувати для подальших розрахунків поршневих розподільників при будівництві.

Список використаної літератури

1. Albayrak, M., Gunes, E. (2010). Traditional foods: Interaction between local and global foods in Turkey. *African Journal of Business Management*, 4(4), 555-561
Anon. (2009). Pravilnik o kvalitetu mlijeka i proizvoda od mlijeka, sirila i mlijekarskih kultura, sladoleda i praška za sladoled, jaja i proizvoda od jaja.
2. Sl. Glasnik Republike Srpske br., 52/09AOAC. (2005). Association of official analytical chemists-Official methods of analysis of the association analytical chemists (18th ed.).
3. Washington, DC Chougrani, F., Cheriguene, A., Bensoltane, A. (2009). Physico-chemical and rheological properties of yoghurt manufactured with ewe's milk and skim milk. *African Journal of Biotechnology*, 8 (9) 1938-1942
Dozet, N.,
4. Maćej, O., Jovanović, S. (2004). Autohtoni mliječni proizvodi osnova za razvoj specifičnih, originalnih mliječnih prerađevina usavremenim uslovima. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 20 (3-4) 31-46
5. Dozet, N., Adžić, N., Stanišić, M., Živić, N. (1996). Autohtoni mliječni proizvodi, Beograd
Dozet, N., Pandurević, S., Jovanović, S., Borovčanin, T. Romanijski skorup-kajmak. Poljoprivredni fakultet Istočno Sarajevo
6. Elez, D., Frati S., Feligini M., Vlačo S., Grujić R., Giuseppe E. (2003). Identification of Protein Degradation Patterns in Cheese from Bosnia and Herzegovina. *Mlekarstvo*, 18, 547-551

7. Fadela, C., Abderrahim, C., Ahmed, B. (2009). Sensorial and Physico-Chemical Characteristics of Yoghurt Manufactured with Ewe's and SkimMilk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (2) 136-140
8. IDF. (1987) Standard za proizvodnju jogurta. International Dairy Federation, Brussels
 Grujić R., Enne G., Vučić G., Grzywacz B., Novaković B., Feligini M. Proizvodi od mesa i mlijeka izrađeni prema tradicionalnim tehnologijama/I Prodotti di Carne Essicata Elaborati Secondo le Tecnologie Tradizionali. Istituto „Lazzaro Spalanzani“, Milan/Facoltà di Tecnologie,
9. Banja Luka
 Grujić S., Grujić R. (2011). Razvoj novih proizvoda. Tehnološki fakultet, Zvornik
 Gueimonde, M., Alonso, L., Delgado, T., Gancedo J.C.B. and de los Reyes-Gavilan C.G.
10. (2003). Quality of plain yoghurt made from refrigerated and CO₂-treated milk. *Food Res. Int.*, 36, 43-48.
11. Lee, W.J., Lucey, J. A. (2010). Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23(9)1127-1136
12. Meilgaard, M, Civille, G.V., Carr, B.T. (1999). Sensory evaluation techniques (3rd ed.).
13. CRC Press, Boca Raton, FL, USA
 Olugbuyiro, J. A.O., Oseh, J. E. (2011). Physico-chemical and Sensory Evaluation of Market Yoghurt in Nigeria. *Pak. J. Nutr.*, 10 (10) 914-918
14. Pirog, R. (2004). Ecolabel Value Assessment Phase II: Consumer Perceptions of Local Foods. Leopold Center for Sustainable Agriculture: Ames, IA
 Pirog, R., Roest, K, Menghi, A. (2000). Reconsidering 'Traditional' Food: The Case Of Parmigiano Reggiano Cheese. *Sociologia Ruralis*, 40(4) 439-451.

15. Salvador, A. and Fiszman, S.M. (2004). Textural and Sensory Characteristics of Whole and Skimmed Flavored Set-Type Yoghurt During Long Storage. *J. Dairy Sci.*, 87, 4033-4041.
16. Sokolinska, D.C., Michalski M.M. and Pikul, J. (2004). Role of the proportion of yoghurt bacterial strains in milk souring and the formation of curd qualitative characteristics. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 48, 437-441.
17. Šarić, M., Grujić, R., Čolović, Z., Pećanac, B.. (2001). Kvalitet autohtonih mliječnih proizvoda Zmijanja. Prvi kongres veterinarara Republike Srpske, Banja Luka UNDP. 2010.
18. Indigenous dairy products industry in Bosnia and Herzegovina a E, Benelam B, Costa HS (2009). Traditional Foods in Europe-6th Synthesis Report. EUROFIR. <http://www.eurofir.net>
19. Weichselbaum, E., Benelam, B., Soares, C. H. (2009). Traditional Foods in Europe Synthesis Report No 6, Institute of Food Research, Norwich Research Park, Norwich, Norfolk, UK Younus, S., Masud T. and Aziz, T. (2002). Quality evaluation of market yoghurt/Dahi. *Pak. J. Nutr.*, 1, 226-230
20. SCADA – sistemy: vzglyad iznutri: veb-sayt [SCADA – systems: an inside view: web-site.]. URL: <http://www.scada.ru/publication/book/preface.html> (data zvernennya: 01.11.2022).
21. TREYS MOUD – integrirovannaya SCADA isoftlogic-sistema dlya razrabotki ASUTP [TRACE MODE – integrated SCADA and softlogic-system for the development of process control systems] veb-sayt: URL: <http://adastra.ru//tm/tm5/> (data zvernennya: 01.06.2022).
22. Evren R. Interactive compromise programming. *Journal of the Operational Research Society*. 1987. V. 38. No. 2. P. 163–172.

23. International Center of Excellence in Intelligent Robotics and Automation Research (NTU-iCeIRA): веб-сайт. URL: <http://www.iceira.ntu.edu.tw/en/> (data zvernennya:26.12.2022).

24. CNC Controller Market By Hardware – GlobalForecast to 2023. URL: <http://marketsandmarkets.com> (data zvernennya:01.12.2022).