

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)

(ім'я та прізвище)

«15» 02 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«19» 02 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах

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

Летяк Антон Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Костюк Володимир Степанович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

Валерій МIRONЧУК
(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)

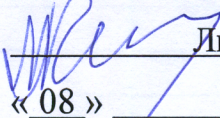
Київ – 2024 р.

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-ВОЛОДИНА
« 08 » _____ 11 _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Летяка Антона Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах

керівник роботи Костюк Володимир Степанович к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 08 » 11 2023 року № 918-к

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Потоковий дозатор. Дозування рідких харчових продуктів. Пневматичний дозатор. Дозування в споживчу упаковку об'ємом 0,5-10 літрів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Реферат. Зміст. Вступ. Розділ 1 «Дослідження наявних конструкцій і компоновок».
Розділ 2 «Характеристика системи керування потоковим дозатором.
Обґрунтування вибору контролюючих клапанів». Розділ 3 «Опис експериментальних досліджень роботи модуля потокового дозатора для рідких харчових продуктів». Розділ 4 «Охорона праці». Висновок. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація на 14 аркушах

6. Консультанти розділів роботи

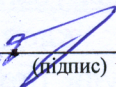
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 08.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат.	11.11.2023	
2.	Вступ.	15.11.2023	
3.	Розділ 1 «Дослідження наявних конструкцій і компоновок».	25.11.2023	
4.	Розділ 2 «Характеристика системи керування потоковим дозатором. Обґрунтування вибору контролюючих клапанів».	15.12.2023	
5.	Розділ 3 «Опис експериментальних досліджень роботи модуля потокового дозатора для рідких харчових продуктів».	05.01.2024	
6.	Розділ 4 «Охорона праці».	27.01.2024	
7.	Висновок.	01.02.2024	
8.	Список використаної літератури.	02.02.2024	

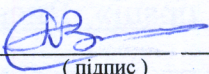
Здобувач освіти


(підпис)

Антон ЛЕТЯК

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир КОСТЮК

(ім'я та прізвище)

« 08 » листопада 2023

Реферат

Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах

Основні тенденції розвитку сучасного виробництва у харчовій промисловості базуються на випуску пакованої продукції. Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах є важливою областю досліджень у харчовій промисловості. Дозатори рідких харчових продуктів використовуються для дозування рідких продуктів, таких як молоко, соки, соуси та олії. Вони використовуються в широкому спектрі харчових застосувань, включаючи виробництво напоїв, консервування, пакування та приготування їжі.

Процес дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах можна розділити на чотири основні етапи:

Виділення дози продукту: На цьому етапі продукт виділяється з резервуара та подається до дозатора. Це можна зробити за допомогою різних методів, таких як насоси, поршні або шнеки.

Дозування продукту: На цьому етапі продукт дозується в потрібну кількість. Це можна зробити за допомогою різних методів, таких як клапани, поршні або ваги.

Фасування продукту: На цьому етапі продукт фасується в упаковку. Це можна зробити за допомогою різних методів, таких як клапани, поршні або ваги.

Контроль процесу: На цьому етапі контролюється процес дозування, щоб забезпечити точне дозування продукту. Це можна зробити за допомогою різних методів, таких як датчики, регулятори та програмне забезпечення.

Основними факторами, які впливають на процес дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах, є такі:

В'язкість продукту: В'язкість продукту впливає на те, як легко його можна дозувати. Продукти з високою в'язкістю можуть бути важко дозувати, оскільки вони можуть застрягти в дозаторі.

Температура продукту: Температура продукту також впливає на його в'язкість. Продукти з високою температурою мають нижчу в'язкість, ніж продукти з низькою температурою.

Об'єм продукту: Об'єм продукту, який потрібно дозувати, також впливає на процес дозування. Великі об'єми продукту можуть бути важко дозувати, оскільки це може призвести до заповнення дозатора.

Точність дозування: Точність дозування є важливим фактором для багатьох харчових застосувань. Дозатори повинні бути здатні дозувати продукт з високою точністю, щоб забезпечити правильне дозування.

Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах спрямовані на розробку нових методів і технологій дозування, які будуть більш ефективними, точними та надійними. Ці дослідження також спрямовані на розробку нових методів контролю процесу дозування, щоб забезпечити його безпеку та якість.

Мета дослідження: Метою даної роботи - є удосконалення обладнання для дозування рідких харчових продуктів.

Дослідження процесу дозування рідких харчових продуктів у потокових дозаторах спрямовані на розробку нових методів і технологій дозування, які будуть більш ефективними, точними та надійними. Ці дослідження також спрямовані на розробку нових методів контролю процесу дозування, щоб забезпечити його безпеку та якість.

Щодо поставленої мети, сформовано наступні завдання дослідження:

- За результатами літературного огляду сформулювати основні закономірності вибору обладнання для дозування рідких харчових продуктів;
- Описати вимоги до конструкції дозувального пристрою;

- Розробити математичну модель зміни реологічних, кінематичних характеристик та їх вплив на процес відбору і процес дозування для рідких харчових продуктів;

- Удосконалити методику вибору елементів приводу для дозувальної системи.

Об'єктом досліджень є процеси формування і дозування рідкого харчового продукту.

Предметом дослідження є конструкція дозувального пристрою.

Методи дослідження побудовані на фізичному експерименті, математичному моделюванні та обробленні результатів досліджень.

Фізичний експеримент здійснено на установках в лабораторії кафедри МПТ.

Ключові слова: модуль дозування, модернізація, потокові системи, рідкі харчові продукти, дозатор.

Abstract

Investigation of the process of dosing liquid food products in flow dispensers

The main trends in the development of modern production in the food industry are based on the production of packaged products. The study of the process of dosing liquid food products in inline dispensers is an important area of research in the food industry. Liquid food dispensers are used to dispense liquid products such as milk, juices, sauces, and oils. They are used in a wide range of food applications, including beverage production, canning, packaging, and food preparation.

The process of dispensing liquid food products in inline dispensers can be divided into four main steps:

Product dose separation: In this step, the product is separated from the tank and fed to the dispenser. This can be done using various methods such as pumps, pistons or screws.

Dosing the product: In this step, the product is dispensed into the desired amount. This can be done using various methods such as valves, pistons or scales.

Product packaging: In this step, the product is packaged in packaging. This can be done using various methods such as valves, pistons or scales.

Process control: In this stage, the dosing process is controlled to ensure that the product is dosed accurately. This can be done through various methods such as sensors, regulators, and software.

The main factors that affect the process of dispensing liquid food products in inline dispensers are as follows:

Product viscosity: The viscosity of a product affects how easily it can be dispensed. Products with high viscosity can be difficult to dispense because they can get stuck in the pipette.

Product temperature: The temperature of a product also affects its viscosity. High temperature products have lower viscosity than low temperature products.

Product volume: The volume of product to be dispensed also affects the dispensing process. Large volumes of product can be difficult to dispense as it can cause the pipette to fill up.

Dosing accuracy: Dosing accuracy is an important consideration for many food applications. Pipettes must be able to dispense the product with high accuracy to ensure the correct dosage.

Research into the process of dispensing liquid food products in inline dispensers aims to develop new dispensing methods and technologies that will be more efficient, accurate, and reliable. This research also aims to develop new methods to control the dosing process to ensure its safety and quality.

The purpose of the study: The aim of this work is to improve the equipment for dispensing liquid food products.

Research on the process of dosing liquid food products in flow dispensers is aimed at developing new methods and technologies for dosing that will be more efficient, accurate and reliable. This research is also aimed at developing new methods of controlling the dosing process to ensure its safety and quality.

In relation to this goal, the following research objectives have been formed:

- Based on the results of the literature review, to formulate the main patterns of selection of equipment for dosing liquid food products;
- To describe the requirements for the design of the dosing device;
- To develop a mathematical model of changes in rheological and kinematic characteristics and their impact on the selection process and the dosing process for liquid food products;
- Improve the methodology for selecting drive elements for the dosing system.

The object of research is the processes of forming and dosing a liquid food product. The subject of research is the design of the dosing device. The research methods are based on physical experiment, mathematical modeling, and

processing of research results. The physical experiment was carried out on the installations in the laboratory of the Department of MPT.

Keywords: dosing module, modernization, flow systems, liquid food products, dispenser.

Зміст

Вступ.....	13
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ НАЯВНИХ КОНСТРУКЦІЙ І КОМПОНОВОК.....	15
1.1.Дослідження наявних конструкцій і компоновок поточних дозаторів для рідких харчових продуктів.....	15
1.2.Конструктивні схеми існуючого обладнання для дозування в'язких харчових продуктів.	17
Висновок до розділу 1:	27
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТОКОВИМ ДОЗАТОРОМ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНТРОЛЮЮЧИХ КЛАПАНІВ	28
2.1. Опис роботи пневматичного приводу керування системою відбору дози у мірному циліндрі дозатора	28
2.2. Опис окремих елементів приводу потокового дозатора	38
2.3. Опис власної пропозиції	40
2.4. Обґрунтування вибору контролюючих клапанів	41
Висновок до розділу 2:	43
РОЗДІЛ 3. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ МОДУЛЯ ПОТОКОВОГО ДОЗАТОРА ДЛЯ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	44
3.1. Загальний опис досліджуваної технічної системи	44
3.2. Опис досліджуваної експериментальної установки.....	46
3.3. Методика проведення експериментального дослідження.	48
3.4. Обробка математично-статистична, щодо результатів вимірювання в ПП «ЕхеВ» роботи із кульовим клапаном.	49

Висновок до розділу 3:	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
4.1. Вимоги безпеки перед початком роботи на харчовому виробництві.....	56
4.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях при роботі з гідравлічним або пневматичним тиском	59
ВИСНОВОК	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	68

Вступ

Незважаючи на різноманітність видів пакування і тари, в конструкції пристроїв дозування і фасування рідких харчових продуктів існує низка загальних рішень. Для аналізу наявних типових схем пристроїв дозування та фасування рідкої продукції, а також для розроблення нових, більш досконалих конструкцій, доцільно розглянути їхню класифікацію та обрати найоптимальнішу з точки зору ефективності роботи машини та економічних показників.

Метою роботи є удосконалення обладнання для дозування рідких харчових продуктів.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- Вивчити закономірності вибору обладнання для відбору дози рідких харчових продуктів;
- Розробити вимоги до конструкції дозувального пристрою;
- Створити математичну модель зміни реологічних характеристик рідких харчових продуктів у процесі дозування;
- Удосконалити методику вибору елементів пневмоприводу для дозувальних пристроїв поршневого типу.

Об'єктом дослідження є процес дозування рідких харчових продуктів.

Предметом дослідження є конструкція дозатора для рідких харчових продуктів.

Методи дослідження сформовані на теоріях: фізичний експеримент, математичне моделювання та обробку результатів досліджень.

Фізичний експеримент проводився на установках кафедри МПТ з використанням пневмоприводу.

Обробка для експериментальних даних та розрахунки виконувалися із використанням сучасних інтегрованих систем пакету MathCAD.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Встановлено залежність структурно-механічних властивостей конструкції дозатора для рідких харчових продуктів з урахуванням зміни основних параметрів пневмоприводу;
- Отримано ряд математичних залежностей, що характеризують роботу пристрою дозування рідких харчових продуктів у процесі дозування;
- Визначено залежність основних параметрів процесу відбору та витіснення, а також швидкості процесу дозування;
- Узагальнено результати отриманих досліджень у вигляді рівнянь регресії. Описано залежність реологічних характеристик рідких харчових продуктів від основних параметрів пневмоприводу.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ НАЯВНИХ КОНСТРУКЦІЙ І КОМПОНОВОК

1.1. Дослідження наявних конструкцій і компоновок поточних дозаторів для рідких харчових продуктів

Поточні дозатори для рідких харчових продуктів - це обладнання, яке використовується для дозування рідких харчових продуктів у споживчу тару під час її розміщення на транспортній або підвідній магістралі. Дозатори широко застосовуються в харчовій промисловості для упаковки рідких продуктів, таких як молоко, соки, соуси та олії. [1,3,6]

Конструктивно поточні дозатори для рідких харчових продуктів можна розділити на два основних типи:

- Пневматичні дозатори;
- Вакуумні дозатори.

Вакуумні дозатори працюють на принципі створення вакууму в камері дозування. Продукт всмоктується в камеру під дією вакууму, а потім витискається через дозувальний елемент в тару.

Пневматичні дозатори працюють на принципі використання пневматичного приводу. Продукт подається в камеру дозування за допомогою пневматичного поршня або плунжера, а потім витискається через дозувальний елемент в тару. [2-4]

Компоновочні рішення поточних дозаторів для рідких харчових продуктів можуть бути різними. Найпоширеніші компоновки такі:

- Вертикальна компоновка.
- Горизонтальна компоновка;

При вертикальному компонуванні, дозатор розташований вертикально. Продукт подається в камеру дозування знизу, а потім витискається через дозувальний елемент вгору в тару. [7]

При горизонтальній компоновці, дозатор розташований горизонтально. Продукт подається в камеру дозування з одного боку, а потім витискається через дозувальний елемент з іншого боку в тару.

Аналіз наявних конструкцій і компоновок поточних дозаторів для рідких харчових продуктів дозволяє виділити наступні основні тенденції:

- Зростання поширення пневматичних дозаторів;
- Перехід до більш компактних і ергономічних конструкцій.

Розробка дозаторів для дозування продуктів з різними реологічними характеристиками обумовлює різноманітність конструкцій.

Пневматичні дозатори мають ряд переваг перед вакуумними дозаторами, таких як більш висока точність дозування, більш широкий діапазон дозування і більш висока продуктивність. В результаті пневматичні дозатори стають все більш поширеними в харчовій промисловості.

Харчові підприємства прагнуть до підвищення ефективності виробництва, в тому числі і за рахунок зменшення габаритних розмірів і ваги обладнання. У зв'язку з цим розробники поточних дозаторів для рідких харчових продуктів переходять до більш компактних конструкцій.

Рідкі харчові продукти мають різні реологічні характеристики, такі як в'язкість, плинність і т.д. Для дозування продуктів з різними реологічними характеристиками необхідні дозатори з різними конструкціями і параметрами. Розробники поточних дозаторів для рідких харчових продуктів працюють над створенням дозаторів, які можуть дозувати продукти з різними реологічними характеристиками. [8-9]

Дослідження наявних конструкцій і компоновок поточних дозаторів для рідких харчових продуктів дозволяє зробити висновок про те, що в цій області спостерігається ряд тенденцій, таких як зростання поширення пневматичних дозаторів, перехід до більш компактних і ергономічних конструкцій, розробка дозаторів для дозування продуктів з різними реологічними характеристиками.

1.2. Конструктивні схеми існуючого обладнання для дозування в'їдких харчових продуктів.

Дозатори для рідин, на відміну від сипучих речовин, робляться, найчастіше, об'ємного типу. Це, в даному випадку, більш звичний для виробництва спосіб фасування. До вагових належать мембранні (рис. 1.2.1 а) і бункерні (рис. 1.2.1 б) системи. Обидві працюють циклічно.

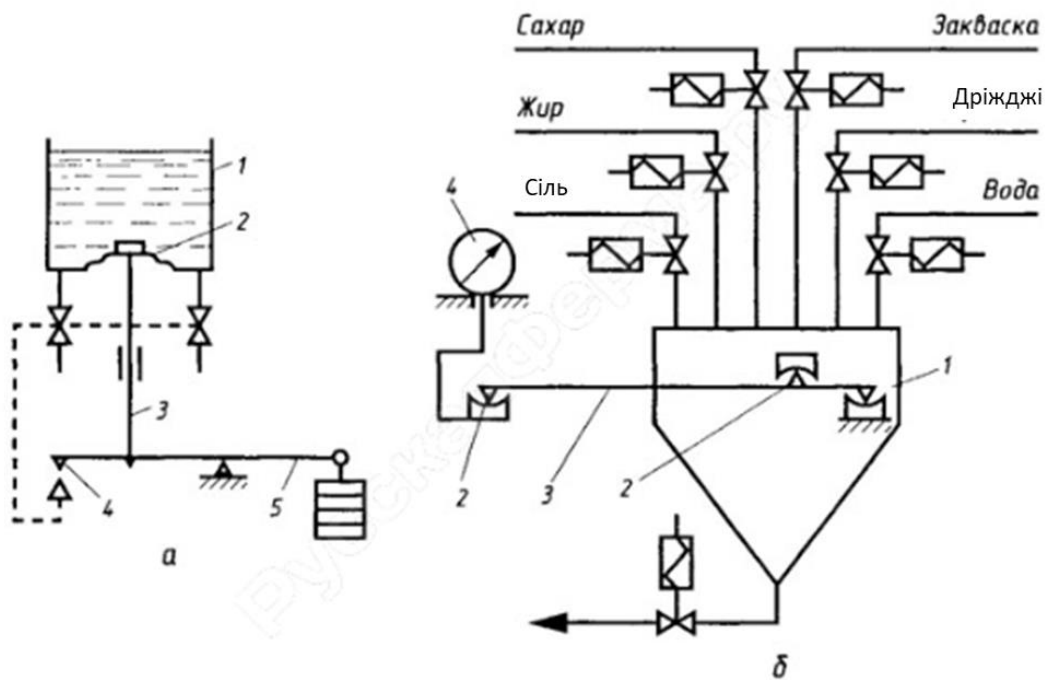


Рис.1.2.1 Загальні схеми дозувальних пристроїв для рідин.

На дні ємності 1 мембранного апарата на вертикальному стрижні 3 розташована еластична мембрана 2. Вона сприймає тиск стовпа рідини і передає його на ваговий механізм 5. Для впуску і випуску робочого середовища передбачені електромагнітні клапани, які управляються контактною колодкою 4. Величина порції залежить від сумарної ваги гир на механізмі 5.

Бункерний агрегат належить до багатокомпонентних. У приймальному колекторі 1 є ваговий важіль 3, підвішений на опорах 2. Одним кінцем він фіксується на нерухомих блоках. Іншим - тисне на важіль вимірювача сили 4. Останній компенсує масу інгредієнтів, які надходять у бункер 1 через клапани.

Принципова схема об'ємних пристроїв для дозування рідин вказана на рис 1.2.2 (а – и). Серед них барабанний працює безперервно, решта - циклічно.

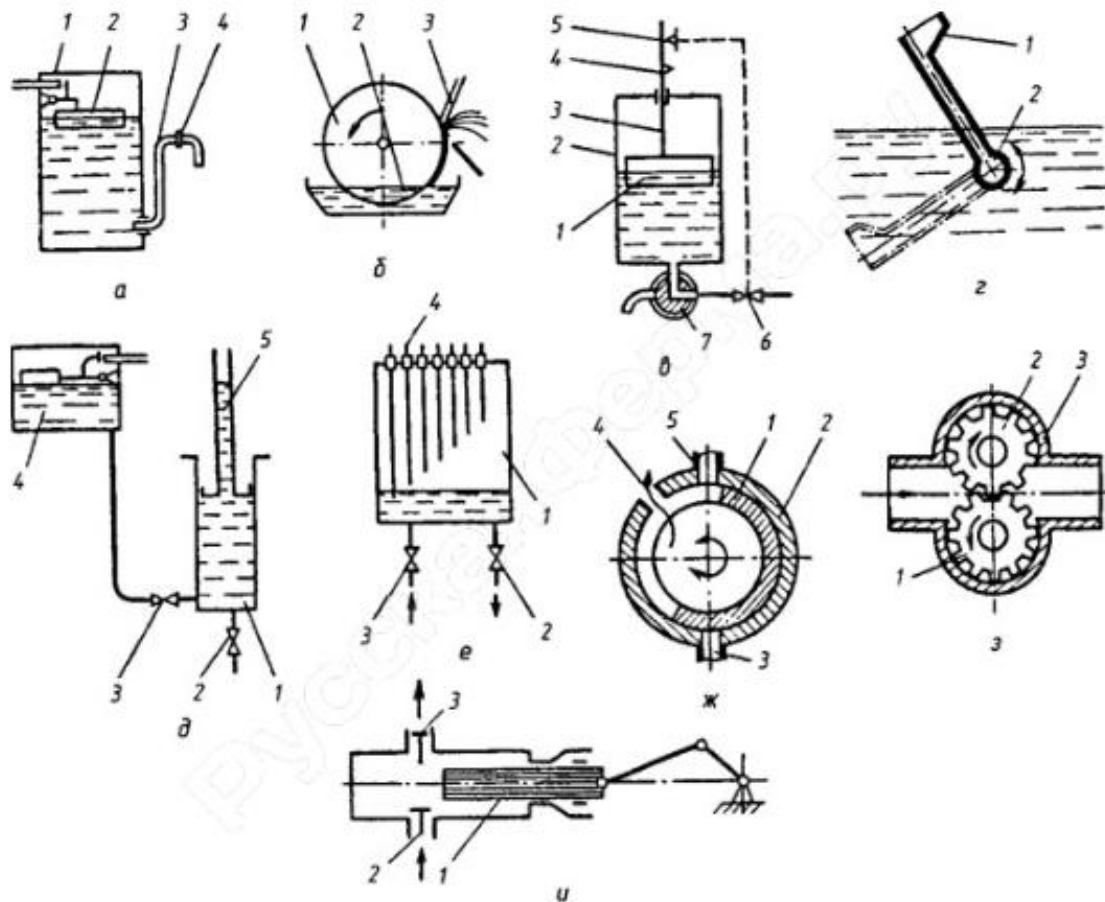


Рис.1.2.2. Принципова схема об'ємних пристроїв для дозування рідин. Постійний рівень рідини в ємності 1 дросельного дозатора (рис. 1.2.2.а) підтримують за допомогою поплавка 2, пов'язаного важелями із запірним клапаном. По трубі 3 з дросельним механізмом 4 рідина випускається назовні. Незважаючи на те, що всі ці апарати порційні, за великої частоти циклів на виході утворюється практично безперервний потік. Незначні коливання витрати нівелюються в зливному каналі. У результаті будь-яка із зазначених систем може працювати як живильник із машиною безперервної дії.

У поплавковому пристрої (рис. 1.2.2.в) рідина надходить у мірну ємність 2 через кран 7 і електромагнітний клапан 6. У міру наповнення

бака, поплавок 1 спливає, піднімаючи стрижень 3 з контактом 4. Коли заливається задана кількість робочого середовища, контакти 4 і 5 замикаються, електромагнітний клапан 6 перекриває впускну трубу. Для зливу кран 7 повертається на 90 град.

Черпаковий механізм (рис. 1.2.2.г) працює за принципом періодичного занурення каліброваних ємностей у бак із рідиною, що перебуває на постійному рівні. Черпак 1 втоплюється, заповнюється і піднімається вгору. Робоче середовище зливається через трубку, розміщену в кріпильному кронштейні. Для регулювання об'єму, в черпаку передбачені витіснювальні стакани. Недоліки: при обробці в'язких рідин змінної густини, неможливо забезпечити точне дозування.

У *дозаторі фіксованого рівня* (рис. 1.2.2.д) мірна ємність 1 заповнюється рідиною з бачка 4 через впускний клапан 3 доти, доки рівень у трубці 5 не зрівняється з рівнем у бачку 4. Останній підтримується на постійній позначці. Набрана доза зливається через клапан 2. Для регулювання порції, трубку 5 піднімають або опускають.

В *електродному дозаторі* (рис. 1.2.2.е) є кілька електродів 4, з яких у мережу ввімкнено тільки один - той, висота якого відповідає встановленій нормі. Рідина надходить у ємність 1 через електромагнітний клапан 3. Коли рівень піднімається, розчин змочує ввімкнений електрод, мережа замикається і клапан 3 закривається. Злив - через клапан 2.

У *стаканчиковій системі* (мал. 1.2.2.ж) два головні вузли: нерухомий корпус 2 з отворами 3, 4 і 5 та стакан 1, що обертається. Отвори призначено, відповідно, для зливання порції, видалення повітря і подачі рідини. Дії відбуваються в той час, коли паз склянки збігається з черговим отвором. Переваги: проста конструкція, легке обслуговування, швидке регулювання. Недолік - рідина протікає через зазори, через що точність роботи невисока.[11]

Дві наступні системи - це поширені конструкції насосів-дозаторів. Головними їхніми параметрами є напірно-витратні характеристики. Що менший опір на виході нагнітального рукава, то вища подача.

Шестерінчастий дозатор (рис. 1.2.2.з) складається з корпусу 3, у якому обертаються дві взаємно зачеплені шестерні - ведуча 1 (ротор) і ведена 2 (замикач). Коли їхні зуби навпроти впускного патрубку виходять із зачеплення, утворюється розрідження. Рідина всмоктується всередину. Потім шестерні переміщують її до випускного патрубку. Там вони входять у зачеплення, тиск підвищується, робоче середовище виштовхується в нагнітальну трубу. Коли в поршневому автоматичному дозаторі (рис. 1.2.2.і) поршень 1 рухається вправо, створюється розрідження. Клапан 3 закривається, клапан 2 відкривається, рідина заповнює робочу камеру. Потім поршень іде вліво. Клапан 2 закривається, клапан 3 відкривається, рідина під тиском виштовхується у випускний патрубок. Переваги: стабільна витрата, незважаючи на змінний опір у нагнітальній магістралі. Точність дозування висока. Недолік - пульсуюча подача. Для більшої рівномірності застосовуються багатопоршневі насоси, встановлені на колінвал, що забезпечує роботу з фазовим зсувом.

Окремі групи конструкцій дозаторів

Вакуумні дозатори для рідких харчових продуктів працюють на принципі створення вакууму в камері дозування. Продукт всмоктується в камеру під дією вакууму, а потім витискається через дозувальний елемент.

Основні елементи вакуумного дозатора:

- Камера дозування - це герметична камера, в якій створюється вакуум. Камера дозування може бути виконана з різних матеріалів, таких як нержавіюча сталь, пластик або алюміній.
- Вакуумний насос - це пристрій, який створює вакуум в камері дозування. Вакуумні насоси для харчової промисловості повинні бути герметичними і відповідати вимогам санітарних норм.

- Дозувальний елемент - це елемент, який витискає продукт з камери дозування. Дозувальним елементом може бути поршень, плунжер, клапан або мембрана.

Конструкція вакуумних дозаторів для рідких харчових продуктів може бути різною. Найпоширеніші типи вакуумних дозаторів:[12-16]

Поршневі дозатори - в цих дозаторах дозувальний елемент являє собою поршень, який рухається в циліндрі. Поршень створює тиск в камері дозування, який витісняє продукт. Розглянемо принцип роботи об'ємного поршневого дозатора. Він складається (рис.1.2.3) з воронки 1, камери 2, мірної камери циліндричної форми 3 і поршня 4. Дозатор працює в два такти: перший - наповнювання камери 3, другий - наповнення тари 5 відміряною дозою продукту. При першому такті поршень 4 переміщується вправо, забезпечуючи поступання продукту в циліндр 3. При другому такті , після повороту направляючого механізму, який з'єднує камеру 3 з нижнім вихідним отвором, проходить видавлювання поршнем 4 продукту і з камери 3.

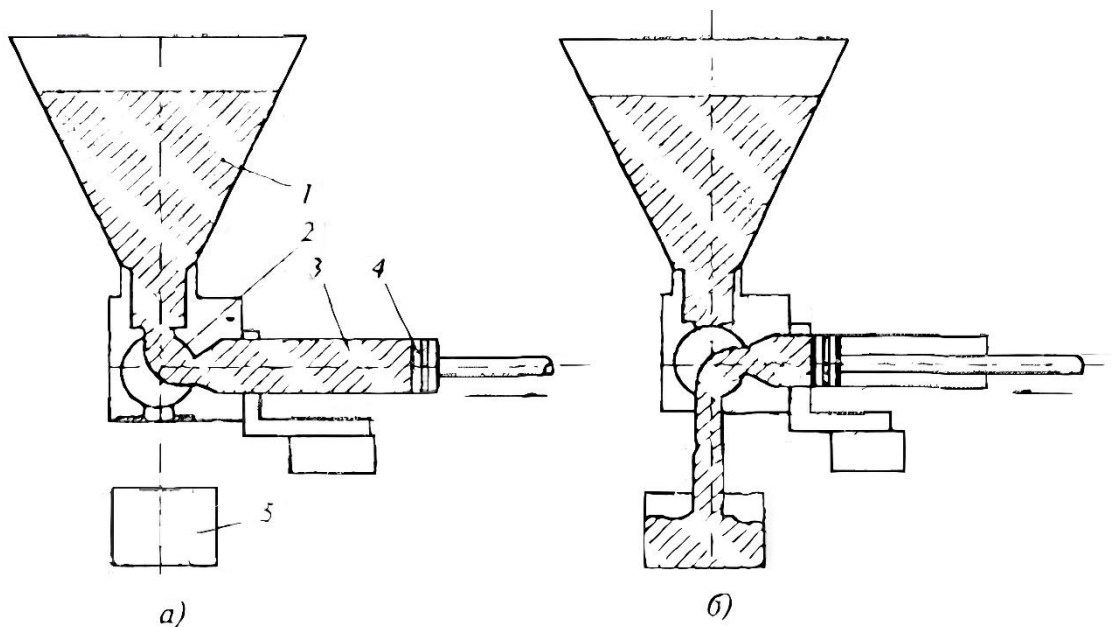


Рис.1.2.3 Принципова схема об'ємного поршневого дозатора:

а-заповнення мірної камери;

б-нагнітання дози продукту в тару.

1- бункер, 2- розподільча камера, 3- циліндрична камера. 4- поршень, 5- наповнювальна тара.

Плунжерні дозатори - в цих дозаторах дозувальний елемент являє собою плунжер, який рухається в циліндрі. Плунжер створює тиск в камері дозування, який витісняє продукт (рис.1.2.4).

Принцип дії плунжерних насосів ґрунтується на зворотно-поступальному русі одного цільного циліндра (поршня) усередині іншого порожнистого циліндра (корпусу), внаслідок чого всередині другого циліндра створюється ефект розрідження/нагнітання.[17]

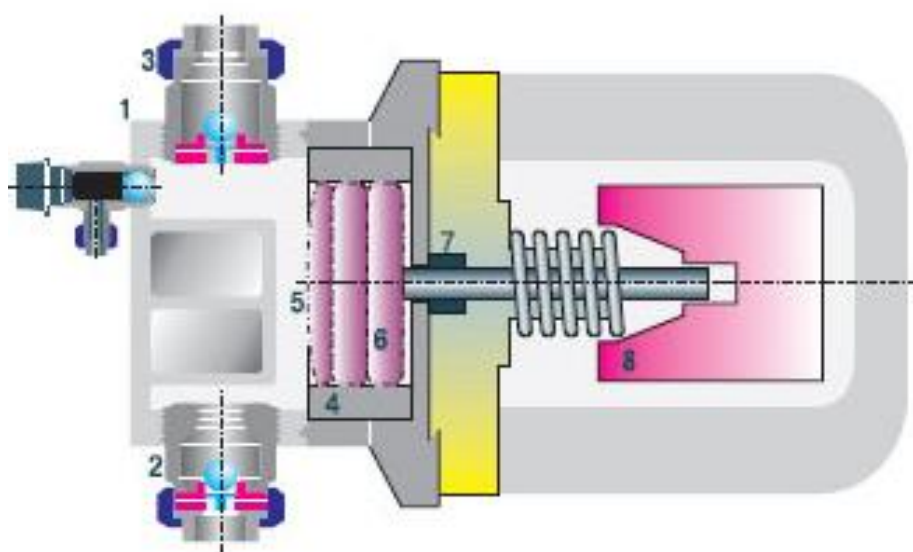


Рис.1.2.4 Принципова конструкція насоса дозатора плунжерного типу:
1 – корпус робочої камери; 2 – клапан відбору дози, 3 – клапан нагнітання,
4 – кільце, 5 – плунжер, 6 – ущільнювальне кільце, 7 – шток, 8 - привод

Клапанні дозатори - в цих дозаторах дозувальним елементом є клапан, який відкривається і закривається під дією вакууму (рис.1.2.5). Робота дозатора (рис.1.2.5) полягає в наступному. У пам'ять ПУ за допомогою клавіатури вводиться необхідний об'єм дози, що зливається, який висвічується на індикаторі V. При натисканні на кнопку ЗЛИВ відкривається клапан і рідина через шланг зливається в діжу. При досягненні встановленої дози, яка відраховується витратоміром, клапан закривається і злив припиняється. У результаті в діжу подається

встановлена доза рідини. У момент зливу можна зупинити процес натисканням кнопки ЗЛИВ, при цьому на індикаторі V буде блимати доза, що залишилася. Подачу рідини можна продовжити натиснувши кн. ЗЛИВ. Якщо необхідно перервати цей злив дози і почати спочатку, то в момент паузи необхідно натиснути кнопку ESC.[18]

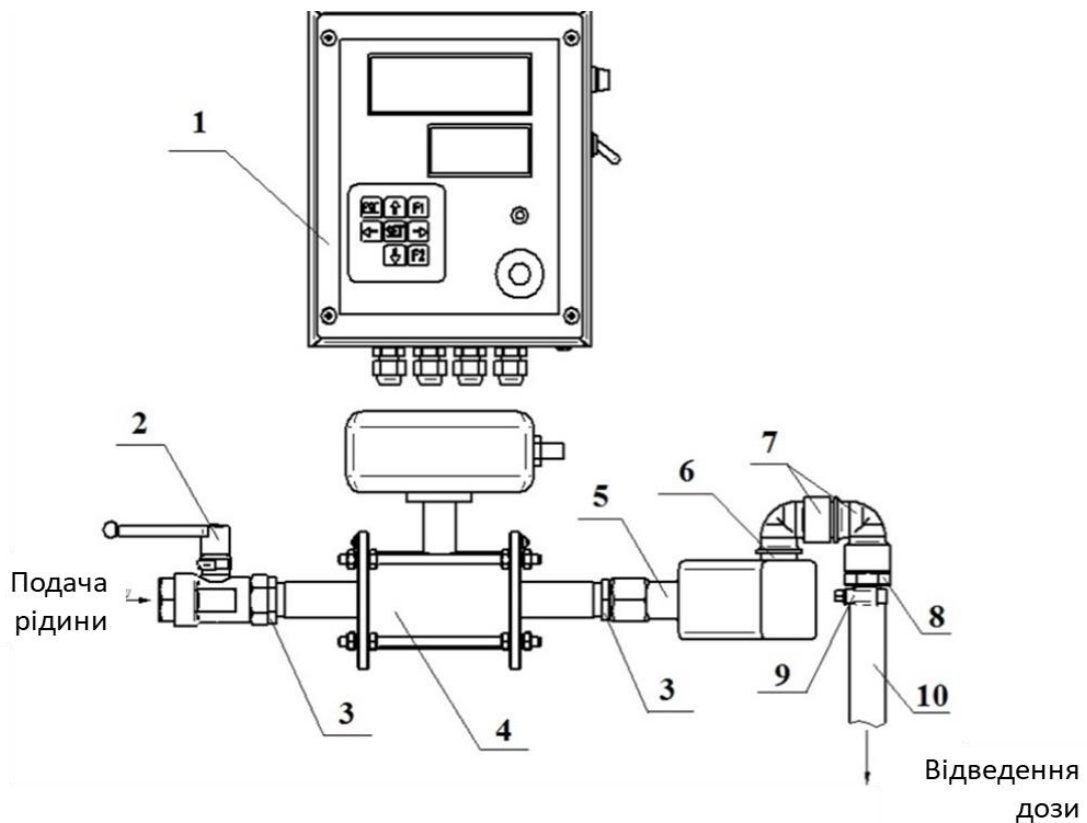


Рис.1.2.5. Загальна схема клапанного дозатора для харчових рідин: 1 – пульт керування; 2 – кульовий кран; 3 – контргайка; 4 – витратомір; 5 – клапан; 6 – перехідний патрубков; 7 - кутник; 8 – штуцер; 9 – хомут; 10 - продуктопровід

Мембранні дозатори - в цих дозаторах дозувальним елементом є мембрана, яка рухається під дією вакууму.

Вакуумні дозатори мають ряд переваг перед пневматичними дозаторами, таких як:

- Проста конструкція - вакуумні дозатори мають просту конструкцію, що забезпечує їх надійність і довговічність;

- Низька вартість - вакуумні дозатори мають низьку вартість, що робить їх доступними для малих і середніх підприємств;

- Невисока вимога до очищення - вакуумні дозатори мають просту конструкцію, що полегшує їх очищення.

Однак вакуумні дозатори мають і ряд недоліків, таких як:

- Нижча точність дозування - точність дозування вакуумних дозаторів нижче, ніж у пневматичних дозаторів;

- Відносна складність регулювання - регулювання дозування в вакуумних дозаторах може бути складним завданням;

- Неможливість дозування продуктів з високою в'язкістю - вакуумні дозатори не можуть дозувати продукти з високою в'язкістю.

Пневматичні дозатори для рідких харчових продуктів працюють на принципі використання пневматичного приводу. Продукт подається в камеру дозування за допомогою пневматичного поршня або плунжера.

Основні елементи пневматичного дозатора:

- Камера дозування - це герметична камера, в яку подається продукт. Камера дозування може бути виконана з різних матеріалів, таких як нержавіюча сталь, пластик або алюміній;

- Пневматичний привід - це пристрій, який приводить в дію дозувальний елемент. Пневматичний привід може бути виконаний з різних матеріалів, таких як нержавіюча сталь, пластик або алюміній;

- Дозувальний елемент - це елемент, який витискає продукт з камери дозування. Дозувальним елементом може бути поршень, плунжер, клапан або мембрана.

Конструкція пневматичних дозаторів для рідких харчових продуктів може бути різною. Найпоширеніші типи пневматичних дозаторів, розглянемо на прикладі конструкції (рис. 1.2.6).

Метою конструкції приводу з дозуючими пристроями (рис. 1.2.6) є розширення діапазону позиціонування, зменшення осьового розміру циліндра і підвищення точності позиціонування вихідного штока. Це

досягається за рахунок включення в структуру привода герметично запираючих розподільників і пневмогідравлічного акумулятора. Пневматична камера акумулятора постійно заповнюється тиском живлення, який визначається силами тертя поршнів дозаторів.[19-22]

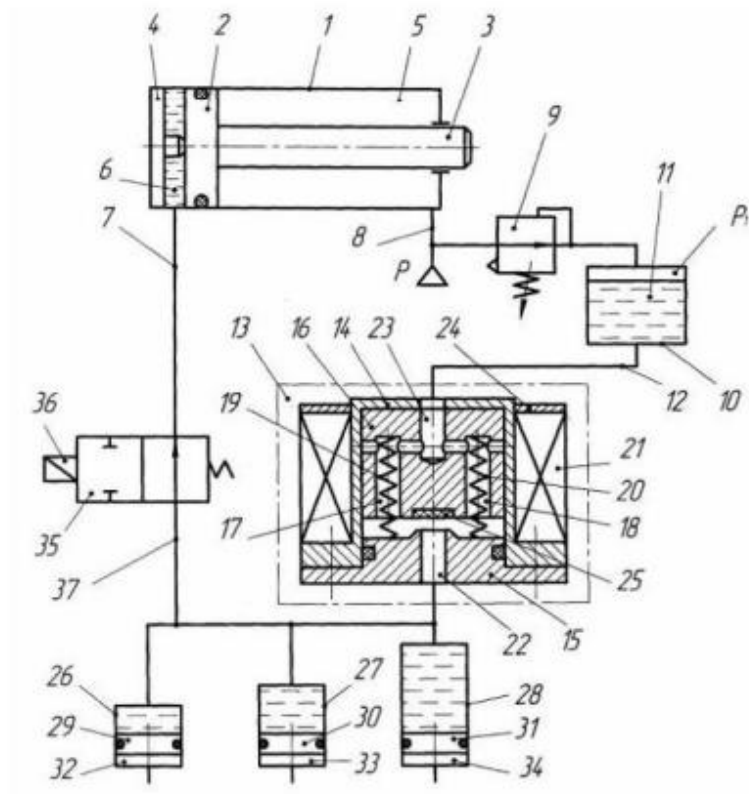


Рис.1.2.6. Позиційний привод з дозуючими пристроями: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – шток; 4 - поршнева камера; 5 – камера штокова; 6 – поршнева камера; 7 – канал підвідний; 8 – підвідна магістраль; 9 – клапан редукційний; 10 – пневмогідравлічний бак; 11 – рідинна продукція; 12 -канал подачі рідини; 13 – розподільник; 14 – циліндр; 15 – корпус; 16 – якір; 17, 18 – робочі канали; 19, 20 – пружини; 21 – електромагнітна система; 22, 23 – гідравлічний канал; 25 – клапани; 26, 27, 28 – дозатори; 29, 30, 31 – поршні дозаторів; 32, 33, 34 – пневматичні ємності дозаторів; 35 – розподільники; 36 – електромагніти.

Конкретно, привод складається з наступних елементів:

Циліндр з поршнем і штоком, який утворює гідравлічну поршневу і пневматичну штокову камери з каналами живлення.

Гідравлічні розрядні дозатори з гідравлічними і пневматичними камерами, утвореними їх поршнями.

Дволінійні двопозиційні розподільники, вхідні канали яких з'єднані з гідравлічними дозаторами, а вихідні канали розподільників з'єднані один із поршневою камерою циліндра, а другий - з гідравлічною камерою акумулятора.

Пневматична камера акумулятора, яка підключена до вихідного каналу редукційного клапана.

Дія приводу наступна:

Коли розподільники перебувають у вихідному положенні, гідравлічна поршнева камера циліндра заповнюється тиском живлення, а пневматична штокова камера - атмосферним тиском.

Коли розподільники переходять у вхідне положення, гідравлічна поршнева камера циліндра сполучається з гідравлічною камерою акумулятора, а пневматична штокова камера циліндра - з атмосферним тиском.

За рахунок різниці тисків в гідравлічних камерах циліндра шток циліндра переміщається в робоче положення.

Таким чином, привод з дозуючими пристроями дозволяє розширити діапазон позиціонування, зменшити осьовий розмір циліндра і підвищити точність позиціонування вихідного штока.

Привод з дозуючими пристроями дозволяє точно і плавно переміщувати шток циліндра. Це досягається за рахунок використання герметичних розподільників і пневмогідравлічного акумулятора. Герметичні розподільники не пропускають рідину, а пневмогідравлічний акумулятор дозволяє компенсувати втрату рідини. Недоліки позиційного приводу (рис. 1.2.6) такі:

- Складний закон керування рухом штоку гідравлічного циліндра. Це означає, що для управління рухом штока потрібно використовувати складний алгоритм, який враховує такі фактори, як сила тертя поршнів дозаторів, тиск живлення, і т.д.

- Неможливість позиціонування в двох напрямках. Це пов'язано з тим, що в виконавчому пневмогідравлічному циліндрі є пневматична порожнина, яка може бути заповнена тільки в одному напрямку.

Висновок до розділу 1:

На основі аналізу існуючого обладнання для дозування рідких продуктів можна виділити наступні тенденції розвитку:

- Збільшення продуктивності обладнання. Це пов'язано з ростом попиту на харчові продукти, що вимагають дозування.

- Автоматизація процесів. Це дозволяє підвищити точність і ефективність дозування.

- Впровадження автоматизованого відстеження контрольних операцій. Це дозволяє забезпечити контроль якості продукції та дотримання санітарних норм.

- Поступове заповнення ринку вітчизняним обладнанням. Це пов'язано з ростом конкурентоспроможності вітчизняних виробників.

Основні задачі подальшого дослідження полягатимуть у розробленні індивідуальної конструкції поршневого дозатора із вхуванням недоліків розглянутих конструкцій.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТОКОВИМ ДОЗАТОРОМ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНТРОЛЮЮЧИХ КЛАПАНІВ

2.1. Опис роботи пневматичного приводу керування системою відбору дози у мірному циліндрі дозатора

Для відбору дози продукту використовується дозатор, який складається з двох основних частин: мірного циліндра і керуючого пневмоциліндра. Також до складу входить запірно-регулювальна арматура, зазвичай сідельний клапан або керований кульовий клапан.

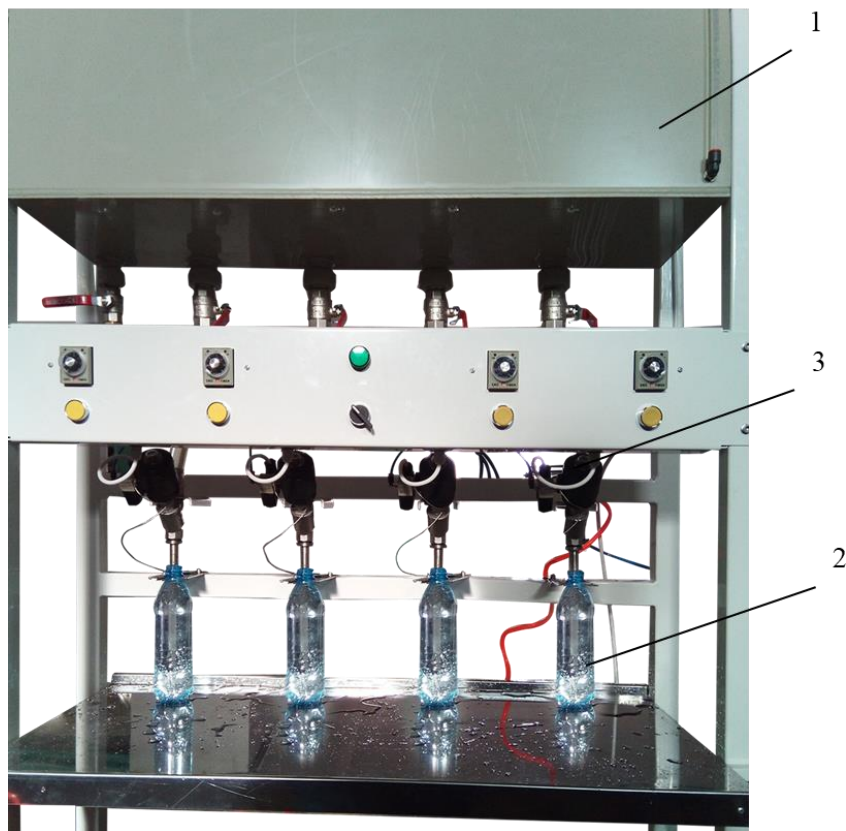


Рис.2.1. Загальний вид компоновки досліджуваного потокового дозатора: 1 – бункер живильник; 2 – споживча упаковка (ПЕТ пляшка); 3 – сідельний керований клапан.

Мірний циліндр жорстко пов'язаний з пневмоциліндром, тому при переміщенні поршня пневмоциліндра поршень мірного циліндра також переміщується.

При нагнітанні відібраної дози продукту в дозувальний патрубок на поршень пневмоциліндра додатково впливає опір продукту. Щоб визначити витрату повітря при дозуванні, необхідно відстежувати зміну тиску в поршневій і штоковій камерах пневмоциліндра під час технологічного процесу.

Складемо рівняння руху поршня пневмоциліндра, щоб встановити швидкодію процесу. Швидкодія процесу - це час, за який поршень проходить робочий хід. Швидкодія процесу залежить від площі поршня, тиску повітря в поршневій камері і сили опору.

Схема одностороннього приводу з поршнем 1, площі якого з обох сторін значно відрізняються один від одного, наведена на рисунку 2.2. Штокова порожнина приводу постійно з'єднана з магістраллю зі стисненим повітрям під тиском. Поршнева в початковому стані з'єднана з атмосферою. Завдяки цьому створюється початковий перепад тиску стисненого повітря, і поршень 1 займає крайнє ліве положення.

Після спрацьовування керуючого пристрою перемикається розподільник 2 і повітря надійде в поршневу порожнину. Тиск повітря в ній підвищується, і коли сила тиску з боку цієї порожнини перевищить силу опору приводу, поршень починає рухатися вправо. Як тільки поршень здійснить свій робочий хід S , керуючий пристрій перемикає розподільник 2, який з'єднує поршневу порожнину з атмосферою. Завдяки цьому поршень може повернутися в початковий стан.

Дроселі 3 і 4 служать для регулювання швидкості руху поршня. Односторонні пневмоприводи з початковим перепадом тиску, в яких одна з порожнин робочого циліндра постійно з'єднана з джерелом стисненого повітря, а друга - з атмосферою, називають диференціальними, зміни тиску - P_1 і P_2 на діаграмі (рис. 2.3).

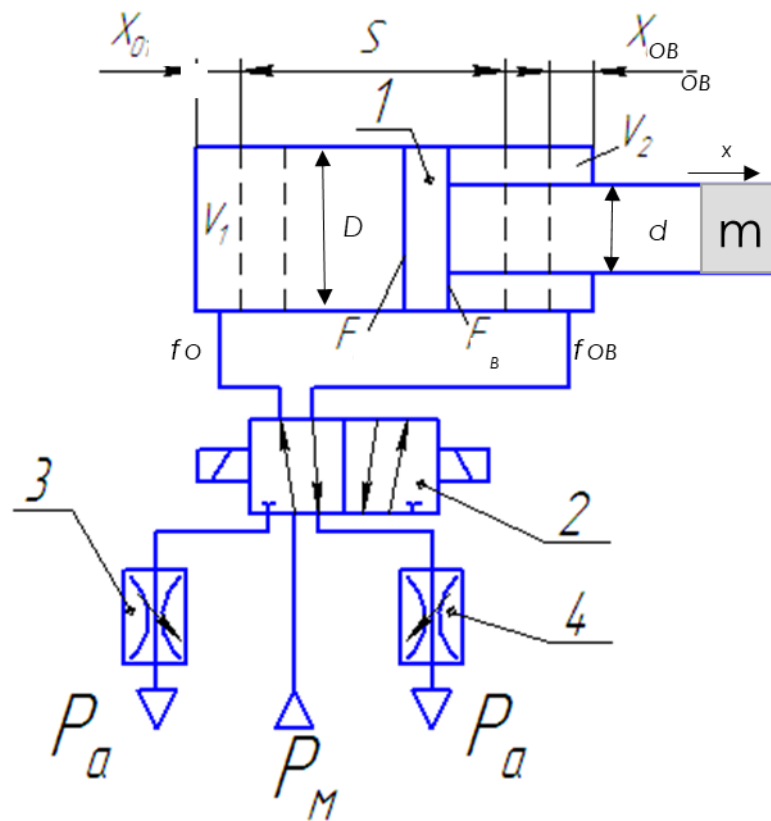


Рис. 2.2. Схема класичного пневматичного приводу

Нозрахункова схема пневмоприводу наведена на (рис.2.2), головним елементом якої є пневмоциліндр двосторонньої дії. Поршень пневмоциліндра показаний у момент руху вправо. Положення - знаходиться за поточною координатою x , що відраховується з умовного нуля. У вихідному положенні поршня (що показано пунктиром) $x=0$, та між поршнем та кришкою циліндру є деякий певний об'єм, що називається шкідливим об'ємом циліндру. Фіктивна координата x_{ϕ} - характеризує мінімальний розрахунковий об'єм для робочої порожнини циліндру, що повинен бути наповнений стисненим до заданого тиску енергоносієм, до руху поршня. Фактичний і мінімальний об'єм для робочої порожнини дорівнює додатку шкідливого об'єму щодо об'єму робочого трубопроводу, який зв'язує робочу

порожнину із виходом пневморозподілювача. Із розрахунку потрібно враховувати, що за умови наповнення порожнини і об'єму рівномірно розподіленого по довжині трубопроводу не є однаковими. І фактичний об'єм трубопроводу буде замінюватись його розрахунковим (приведеним) значенням. Координата x_0 розраховуємо формулою (2.1):

$$x_0 = \frac{V_{p \min}}{F} = \frac{V_0 + V_{pm}}{F}, \quad (2.1)$$

$V_{p \min}$ – мінімальний розрахунковий об'єм для робочої порожнини; F – площа поршня із боку робочої порожнини; V_0 – шкідливий об'єм для циліндру; V_{pm} – розрахунковий об'єм трубопроводу. Так само знаходиться координата $x_{0в}$, що характеризує мінімальний розрахунковий об'єм порожнини вихлопу:

$$x_{0в} = \frac{V_{0в} + V_{pmв}}{F_в}. \quad (2.2)$$

У положенні на схемі поршень пневмоциліндра із приведеною до штоку масою для рухомих частин m , які пересуваються зі швидкістю $\dot{x} = dx/dt$ (миттєве значення), та долаючи силу опору P . Кожному моменту руху відведено визначений стан повітря у порожнинах циліндру, що характеризується абсолютними тисками: p і $p_в$, абсолютними температурами T і $T_в$, густиною r та $r_в$. Робоча порожнина за час руху поршню зв'язана із живленням напірною пневмолінією, яка має перепускную здатність що характеризується ефективною площиною перерізу f_e . Порожнина вихлопу – із атмосферою крізь пневмолінію вихлопу, що має ефективну площину перерізу – $f_{вe}$. Враховано, що перепускная здатність для напірної пневмолінії повинна бути знайдена із урахуванням гідравлічного опору для

пневморозподільвача і частини трубопроводу, який зв'язує розподільвач із робочою порожниною, але і з врахуванням гідравлічного опору для частини трубопроводу довжиною l_{TI} від редукційного клапану і до розподільвача, що на розрахунковій схемі не показано. [13]

На схемі наведено діаметр поршня D і діаметр штоку d , довжину руху s та рівні тисків P_m , які підводяться, атмосферного тиску P_a .

Час наповнення робочої порожнини визначається із виразу:

$$t_{nan} = 3.62 \cdot 10^{-3} \frac{V_{pmin}}{f_e} [\psi_1(\sigma_p) - \psi_1(\sigma_a)] \quad (2.3)$$

де V_{pmin} - мінімальний розрахунковий об'єм робочої порожнини; f_e - ефективна площа прохідного перетину лінії підводу; [19] $\sigma = p/p_m$ - безрозмірний тиск в робочій порожнині пневмоциліндра, що є відношення поточного тиску в цій порожнині до тиску, що підводиться від живлення;

$\sigma_a = P_a/P_m$ - безрозмірний тиск, що відповідає початку наповнення;

$\sigma_p = P_p/P_m$ - безрозмірний тиск в кінці підготовчого періоду в момент

початку руху поршня з місця; $\psi_1(\sigma_p), \psi_1(\sigma_a)$ функції тиску, що визначаються згідно графіку на рис. 2.3. [18]

Час випуску повітря із порожнини вихлопу від початкового у ній тиску $P_{впоч} = P_m$ щодо тиску руху $P_{вр}$ у момент початку руху поршня із місця визначається із залежності:

$$t_{on} = 2.53 \cdot 10^{-2} \frac{V_{pv}}{f_{ee} \cdot \sigma_a^{2k}} [\psi_2(\sigma_{вр}) - \psi_2(\sigma_a)] \quad (2.4)$$

$V_{pv} = V_{pвmin} + F_B \cdot s$ - де розрахунковий об'єм для порожнини вихлопу,

$\sigma_1 = P_a/P_{вр}$ - безрозмірний тиск у порожнині вихлопу, що відповідає відношенню атмосферного тиску P_a щодо поточного значення тиску у цій

порожнині, $\sigma_a = \sigma_{sa} = p_a / p_m$ - безрозмірний тиск в порожнині вихлопу на початку спорожнення, $\sigma_{ep} = p_a / p_{ep}$ - безрозмірний тиск у порожнині вихлопу на початку руху поршня з місця, $\psi_2(\sigma_{ep}), \psi_2(\sigma_a)$ - функції тиску у порожнині тиску, яка визначається згідно графіка на рис.2.3.

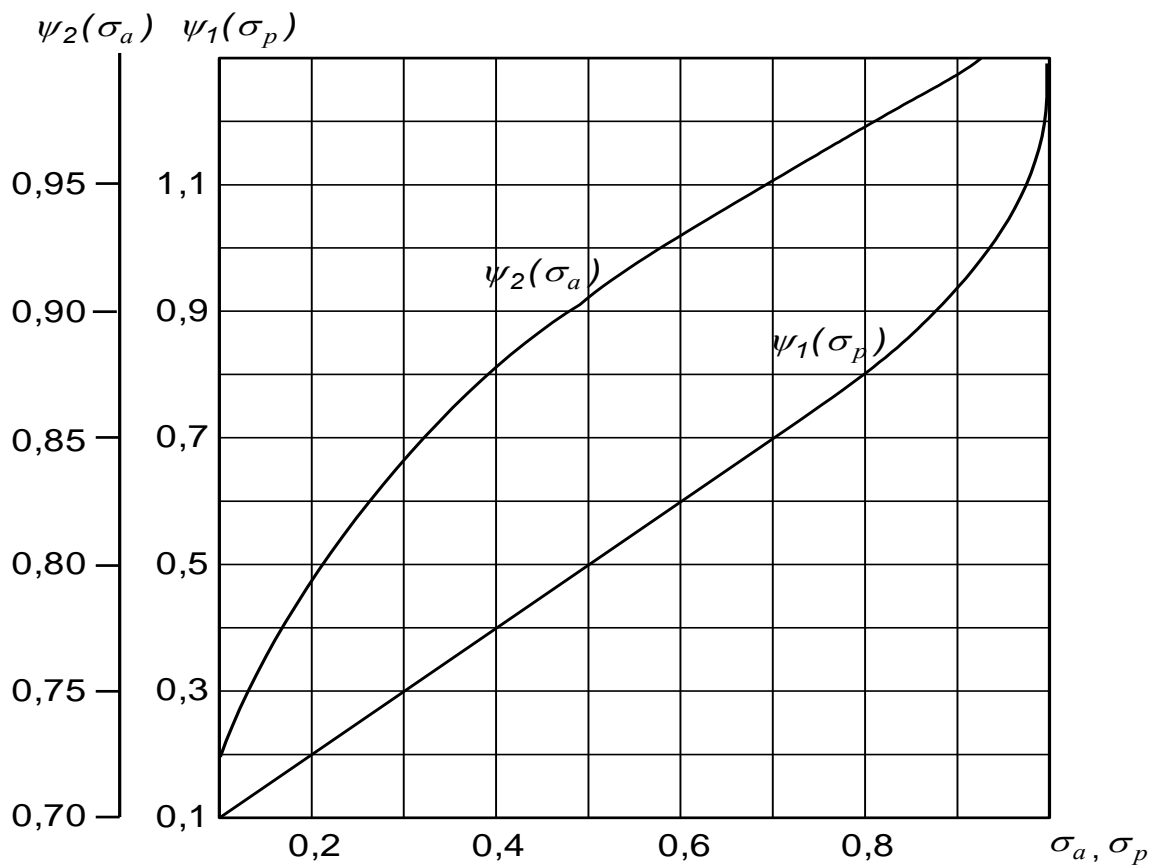


Рис. 2.3. Загальний вид графіків функцій $\psi_1(\sigma_p), \psi_1(\sigma_a)$

Необхідні етапи розрахунку тиски руху визначаються із рівняння рівноваги сил, відповідно діючих на поршень на початку руху:

$$p_a \cdot F - p_{ep} \cdot F_a - P = 0. \quad (2.5)$$

У рівняння входить сила опору руху

$$P = P_1 + P_2 \pm mg + p_a(F - F_a), \quad (2.6)$$

яка включає в себе силу тертя P_1 , корисне навантаження P_2 , масову силу mg , що враховується при вертикальному розташуванні циліндра з відповідним знаком, а також поправку $p_a(F-F_e)$, яка викликана тим, що в рівнянні (2.6) враховуються не надлишкові, відповідно абсолютні тиски.[20]

Так як у рівнянні (2.6) два невідомих то воно має множини рішень, з яких тільки одне вірне. Для його знаходження використовується метод підбору. Одному із невідомих, наприклад p_p , дається деяке значення і згідно рівняння (19) знаходиться відповідне значення p_{ep} . Потім згідно залежностей (2.5) і (2.6) визначаються часи t_{nan} і t_{on} . Якщо вийшло, що $t_{nan} < t_{on}$, то треба збільшити вихідне значення величини p_p і знов повторити усі розрахунки. За декілька спроб стає можливим або зрівняти часи процесів і тоді підбір закінчено, або впевнитись в тому, що один із процесів лімітує початок руху поршня. У цьому випадку для процесу що не лімітує тиск руху приймається граничним ($p_p = p_m$ або $p_{ep} = p_a$), тиск руху для порожнини, яка лімітує початок руху, знаходиться з рівняння рівноваги сил. [31]

Тобто, початок руху звичайно лімітується спустошенням порожнини вихлопу, яка має значно більший об'єм, ніж робоча порожнина. Тому рекомендується, в першій спробі прийняти $p_p = p_m$. Якщо при цьому виявиться, яка $t_{nan} < t_{on}$, то підбір правильний, а час підготовчого періоду визначається з врахуванням часу t_{on} . [33]

Розглянемо послідовність роботи диференціального пневмопривода, тобто його циклограму. Циклограму пневмопривода будують у вигляді діаграми, на якій відображають зміни тиску в порожнинах робочого циліндра у часі. Для наочності до циклограми також включають інтервали часу переміщення та зупинки поршня.

Початком циклограми є момент включення керуючого пристрою. Час спрацювання керуючого пристрою дорівнює часу спрацювання

розподільника, який управляє подачею стисненого повітря в робочий циліндр.

Процеси відкриття отворів для стисненого повітря в керуючому пристрої і розподільнику можуть відбуватися одночасно з процесом поширення хвилі стисненого повітря від розподільника до робочого циліндра (рис.2.3.). Зазвичай час відкриття розподільника невеликий порівняно з часом усього робочого циклу, тому в першому наближенні можна вважати, яка хвиля тиску виникає після повного відкриття отвора розподільника.

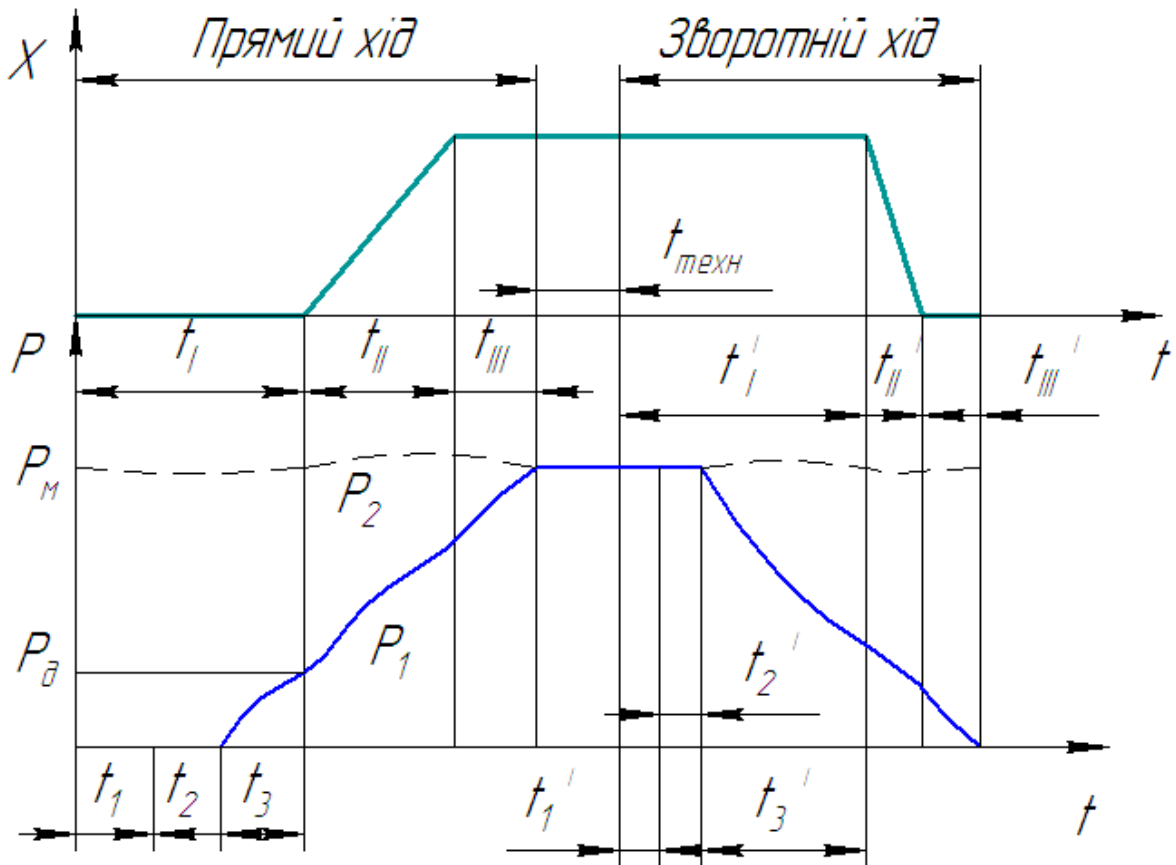


Рис. 2.3. Циклограма пневматичного диференціального привода

Визначати інтервали часу t_1 (як час відкриття розподільника) і t_2 (як поширення хвилі тиску з розподільника до циліндра, на рис.2.3.). Горизонтальні прямі на верхній діаграмі відповідають періодам, коли

поршень не рухається, а похилі – періодам, коли він рухається. Криві на нижній діаграмі відображають процеси зміни тисків P_1 і P_2 повітря в поршневій і штокової порожнинах відповідно. Тиск у першій з них починає зростати після відкриття розподільника і цей процес триває до початку руху поршня (тиск P_1 , інтервал t_3). Сума інтервалів t_1 , t_2 і t_3 , і становить підготовчий час t_I . За період руху робочого поршня t_{II} тиск порожнини монотонно збільшується (зменшуватися) або змінюється у залежності від співвідношення конструктивних параметрів для привода і навантаження.

Рух поршня пневмоциліндра двосторонньої дії можна описати за допомогою системи диференціальних рівнянь, які визначають його швидкість, прискорення та тиски в робочій та вихлопній порожнинах. [28]

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= \frac{1}{m} (pF - p_e F_e - P); \\ \frac{dp}{dt} &= \frac{k}{x + x_0} \left[\frac{f_e \cdot K \cdot \rho_m \sqrt{RT_m} \cdot \varphi(\sigma)}{F} - p \cdot \frac{dx}{dt} \right]; \\ \frac{dp_e}{dt} &= \frac{k}{s + x_{0e} - x} \left[p_e \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{f_{ee} \cdot K \cdot p_e^{\frac{3k-1}{2k}} \sqrt{RT_m} \cdot \varphi(\sigma_e)}{F_e \cdot p_m^{\frac{k-1}{2k}}} \right]. \end{aligned} \quad (2.7)$$

$k = 1.4$ – показник адіабати, $K = \sqrt{\frac{2k}{k-1}}$ – коефіцієнт, R – газова постійна

(для сухого повітря $R = 287$ Дж/кг град), T_m – абсолютна температура

повітря, що підводиться з магістралі, $\varphi(\sigma)$, $\varphi(\sigma_e)$ – функція витрати, що визначається згідно до формули:

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}}. \quad (2.8)$$

У загальному вигляді система рівнянь рішення не має. Вона може бути вирішена тільки шляхом числового інтегрування.

Початковими параметрами при інтегруванні є:

$$x_n = 0; \left(\frac{dx}{dt} \right)_n = \dot{x}_n = 0;$$

$$\left(\frac{d^2x}{dt^2} \right)_n = \ddot{x}_n = 0; p_n = p_p; \sigma_n = \frac{P_p}{P_m} = \sigma_p; p_{en} = p_{ep}; \sigma_{en} = \frac{P_a}{P_{ep}} = \sigma_{ep}.$$

Інтегрування ведеться до тих пір, поки не буде знайдене значення кінцевої координати поршня $x_{кин} \geq s$. Сума для інтервалів часу на всіх кроках інтегрування в межах зміни x від 0 до s дає час руху t_p . Значення $x, \dot{x}, \ddot{x}, p, p_e$ і t дозволяють отримати результати, по яким формуються залежності $x = f(t), \dot{x} = f(t), \ddot{x} = f(t); p = f(t)$ і $p_e(t)$, що дають повну уяву що до процесу руху поршня.

В штоковій порожнині робочий тиск повітря, дорівнюватиме магістральному у вихідному положенні. Для руху поршня тиск зростає, і частина повітря перетікає у магістраль. Останній процес вже може закінчитися вже у період зупинки поршня (це штрихова лінія). В поршневій порожнини, коли поршень закінчить робочий хід, роб. тиск P_1 зазвичай зрівнюватиметься з магістральним P_m або тиском, необхідним технологічним процесом - відповідає час $t_{техн}$. Після виконання технологічної операції керуючий пристрій перемикається, щоб почати зворотний хід поршня. При цьому тиск у обох порожнинах падає. У поршневій порожнині тиск падає через з'єднання з атмосферою, а в штоковій порожнині - через збільшення її об'єму при русі поршня вліво. Коли поршень повертається в початкове положення, тиск у поршневій порожнині дорівнює атмосферному, а в штоковій порожнині - магістральному.

2.2. Опис окремих елементів приводу потокового дозатора

Запірний клапан - це вид запірної арматури, в якому запірний елемент переміщується паралельно потоку робочого середовища. Клапани з конусним сідлом дозволяють регулювати витрату середовища шляхом зміни прохідного перетину. Крім того, вони можуть використовуватися для повного перекриття потоку.

Запірні клапани мають високу герметичність, незважаючи на свою відносно просту конструкцію. Вони використовуються для рідких і газоподібних середовищ з широким діапазоном робочих параметрів та типів з'єднань.

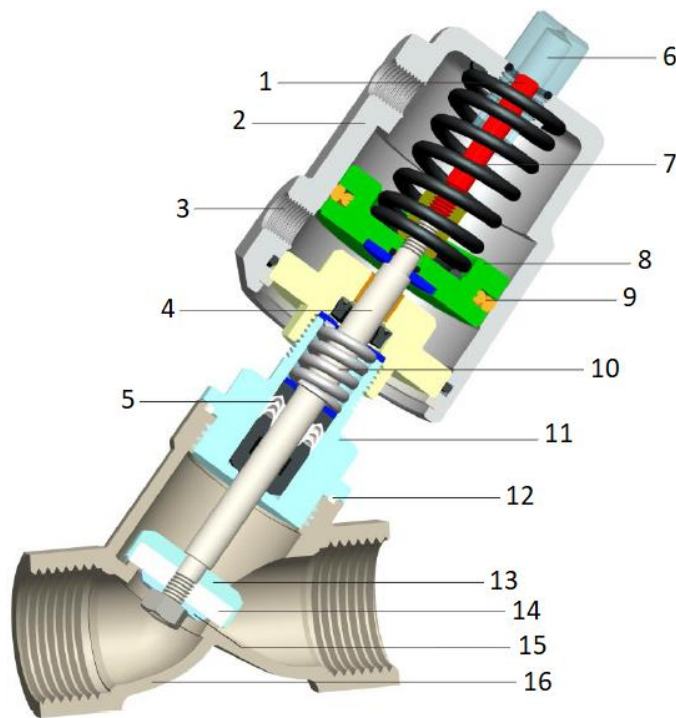


Рис. 2.4 Сідельний клапан керований пневматичним приводом:

1 – індикатор; 2 – корпус керованого приводу; 3 – порт для з'єднання повітря; 4 – робочий шток; 5 – ущільнення; 6 – ковпачок; 7 – робоча пружина; 8 – поршень; 9 – поршневе ущільнення; 10 – пружина; 11 – кришка; 12 – корпусне ущільнення; 13 – сідло робоче; 14 – ущільнення сідлове; 15 – шайба; 16 – корпус.

При подачі стисненого повітря в поршень 8, він піднімається вгору, стискаючи пружину 7. Шток 4, закріплений на поршні, також піднімається. Сідло 13, закріплене на штоку, піднімається і відкриває прохід корпусу 16. Щоб середовище не перетікало по штоку, використовуються V-подібні ущільнення штоку 5. В відкритому положенні індикатор 1 знаходиться в верхньому положенні.

Для закриття прохід клапану, необхідно скинути повітря з керуючого порту 3. Пружина 8 розпрямляється, опускаючи сідло 13 і притискаючи його до проходу корпусу 16.

Сідельні клапани ряд переваг над іншими, наприклад:

1. можливість застосування в умовах високих температур і тисків, вакууму, корозійних і агресивних середовищ;
2. порівняльна простота технічного обслуговування і ремонту в умовах експлуатації.

Конструкція клапанів багато в чому схожа з конструкцією засувки, але принципова її відмінність полягає в тому, що переміщення затвора збігається з віссю переміщення потоку середовища, а не перпендикулярно йому. Це дає клапанам ряд переваг перед засувками, серед яких:

- малий хід затвора для повного відкриття (зазвичай не більше 0,25 номінального діаметра, в той час як у засувки - не менше діаметра) і, відповідно, мала будівельна висота і маса;
- легкість забезпечення герметичності затвора (шляхом застосування ущільнюючих кілець з різних неметалевих матеріалів);
- відсутність тертя ущільнення затвора про сідло при закритті і відкритті, що істотно зменшує знос ущільнюючих поверхонь;
- можливість застосування сальника в якості ущільнення арматури по відношенню до зовнішнього середовища.

До недоліків клапанів можна віднести:

- високий (в порівнянні з кульовими кранами і засувками) гідравлічний опір, що при великих діаметрах проходу і високих швидкостях середовища створює великі втрати енергії і викликає необхідність відповідно підвищувати початковий тиск в системі пневматичного керування або потужніший електропривід;
- обмеження меж застосування по діаметру;
- наявність в більшості конструкцій застійних зон, в яких накопичуються механічні домішки з робітничого середовища, шлам, що призводить до інтенсифікації процесів корозії в корпусі арматури.

2.3. Опис власної пропозиції

Після аналізу існуючих технічних систем дозування і фасування харчових рідких продуктів, а також патентного пошуку, були сформовані наступні завдання дослідження.

1. Розробити функціональний мехатронний модуль для дозування і фасування харчових рідких продуктів;

2. Вивчити вплив різних факторів на роботу модуля, зокрема, таких як:

- Характеристика продукту (густина, в'язкість, температура);
- Динаміка потоку продукту;
- Механічні навантаження на модуль.

В якості найбільш характерного продукту для дослідження було обрано оброблене молоко та вода негазована, які мають наступні характеристики: Густина: 1,02-1,03 г/см³, В'язкість: 2,5-3,5 Па*с, Температура: 20-25 °С.

3. Сформуванати математичну модель розрахунку щодо основних функціональних мехатронних модулів та їх складових: сідельних клапанів, пневматичних приводів лінійного та поворотного типів, що входять у

склад конструкцій поточного дозатора. Обґрунтувати обрані елементи типового приводу дозувальної системи;

4. Розрахувати і змоделювати роботу експериментальної установки для проведення досліджень, які пов'язані із оцінкою адекватності попередньої математичної моделі;

5. Статистично обробити отримані результати;

6. Сформулювати висновки і надати рекомендації про можливість використання системи в промислових машинах для дозування рідин.

2.4. Обґрунтування вибору контролюючих клапанів

Обґрунтування вибору контролюючих клапанів в системі керування дозатором. При виборі контролюючого клапана для системи керування потоковим дозатором для рідин необхідно враховувати наступні фактори:

○ Характеристика рідини. До основних характеристик рідини, які впливають на вибір контролюючого клапана, відносяться:

✓ Густина. Густина рідини впливає на пропускну здатність клапана. Чим більша густина рідини, тим більший діаметр прохідного каналу необхідний для забезпечення заданої витрати;

✓ В'язкість. В'язкість рідини впливає на величину опору потоку, яке необхідно подолати контролюючому клапану. Чим більша в'язкість рідини, тим більший момент повинен розвивати привод контролюючого клапана;

✓ Температура. Температура рідини впливає на характеристики клапана, такі як пропускну здатність, герметичність і точність регулювання.

○ Витрати рідини. Витрати рідини визначають необхідну пропускну здатність клапана;

○ Точність регулювання. Точність регулювання клапана визначається вимогами до точності дозування рідини;

- Герметичность. Герметичность клапана необходима для запобігання витоку рідини;

- Вартість. Вартість клапана є одним з факторів, які необхідно враховувати при виборі;

Для рідких продуктів, таких як молоко і сік, які мають середню в'язкість і температуру, можуть застосовуватися різні типи контролюючих клапанів. Кульові крани є економічним варіантом і можуть використовуватися для дозування рідин з невеликими витратами. Засувки мають високу герметичність і можуть застосовуватися для дозування рідин з високими тисками. Регуляторні клапани забезпечують високу точність регулювання і можуть застосовуватися для дозування рідин з широким діапазоном витрат.

На основі цих параметрів можна визначити, що оптимальним типом клапана буде регулювальний клапан з діаметром прохідного каналу 25 мм. Даний клапан забезпечить необхідну пропускну здатність, точність регулювання і герметичність. Основні приклади конкретних клапанів, які можуть бути використані для дозування молока і соку:

- Регуляторный клапан Danfoss MSV
- Регуляторный клапан AVK ASV
- Регуляторный клапан Swagelok 1312

Вибір конкретного типу контролюючого клапана для системи керування потоковим дозатором для рідких продуктів здійснюється на основі аналізу всіх зазначених факторів.

Висновок до розділу 2:

- Технічна пропозиція передбачає розробку функціонального мехатронного модуля для дозування і фасування харчових рідких продуктів. Модуль повинен забезпечувати високу точність дозування, а також бути простим у виробництві та експлуатації.
- В якості найбільш характерного продукту для дослідження було обрано оброблене молоко та вода негазована. Ці продукти мають середню в'язкість і температуру, що дозволяє застосовувати для їх дозування різні типи контролюючих клапанів.
- При виборі контролюючого клапана для системи керування дозатором необхідно враховувати наступні фактори: Характеристика рідини (густина, в'язкість, температура). Витрати рідини. Точність регулювання. Герметичність. Вартість.
- Для молока і соку оптимальним типом контролюючого клапана є регулювальний клапан з діаметром прохідного каналу 25 мм. Даний клапан забезпечить необхідну пропускну здатність, точність регулювання і герметичність.
- Для подальших досліджень необхідно провести експерименти з прототипом системи, щоб оцінити її технічні характеристики та надійність.

РОЗДІЛ 3.

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ МОДУЛЯ ПОТОКОВОГО ДОЗАТОРА ДЛЯ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

3.1. Загальний опис досліджуваної технічної системи

На основі огляду існуючих конструкцій сформовано та досліджено установку для наповнення пластикової тари рідинами. Дана конструкція була взята за основу під час моделювання і побудови запропонованої експериментальної установки:

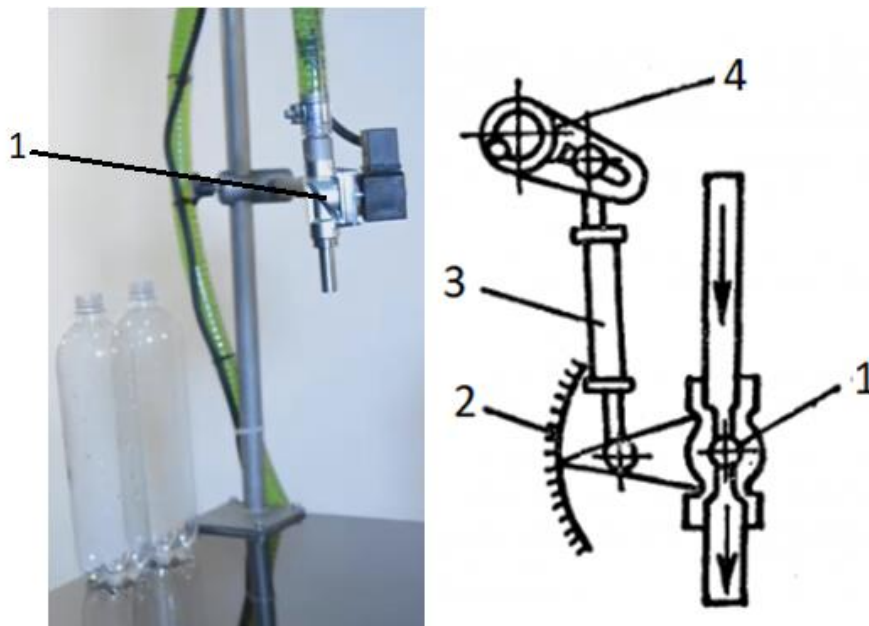


Рис. 3.1. Загальний вид установки для потокового дозатора: 1 – електромагнітний клапан; 2 – вимірювальна шкала; 3 – тяга; 4 – коромисло

Як видно на схемі та на фото установки, головний запірний елемент – це електромагнітний клапан мембранного типу. Він працює як запірний клапан, тобто може бути тільки відкритим або закритим. Основний недолік мембранних клапанів – це їхня нестійкість до абразивних включень і в'язких середовищ з в'язкістю понад 37 сСт. Крім того, конструкція і форма проходу клапана можуть призводити до деструкції трубопроводу або мембрани при роботі з високою швидкістю.

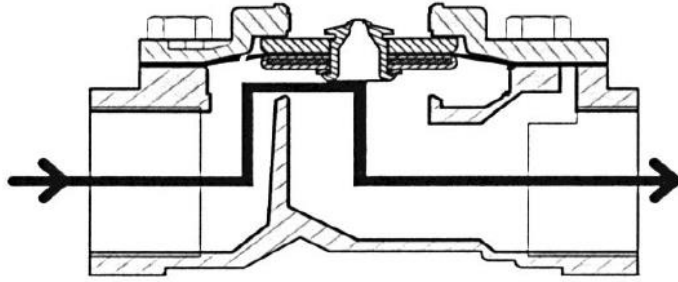


Рис. 3.2. Переріз корпусу електромагнітного мембранного клапану - прямої дії.

Основна мета дослідження – розробити функціональний мехатронний модуль для дозування харчових продуктів. Для цього пропонується використовувати кульовий кран та сідельний клапан. Розріз і прохід продукту через ці запірні елементи наведені на рисунку 3.3.

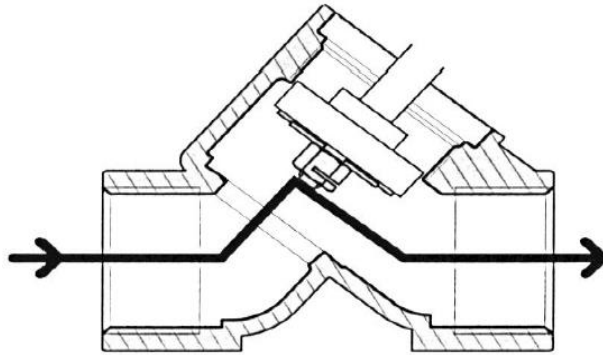


Рис. 3.3. Схема руху рідини (продукту) при підведенні крізь отвір сідельного клапану зліва направо

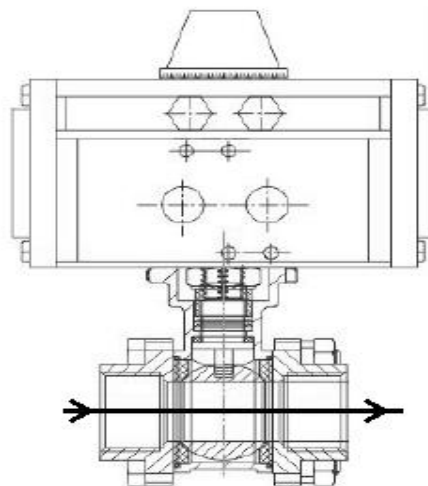


Рис. 3.4. Схема руху рідини (продукту) при підведенні крізь отвір кульового клапану зліва направо (система в зборі з поворотним приводом)

3.2. Опис досліджуваної експериментальної установки

Експериментальні та математично-статистичні аналізи проводилися на установці, яка імітує робочі умови запірно-регулюючої арматури протягом короткого проміжку часу. Оскільки мета дослідження полягає в модернізації та підвищенні ефективності функціонального мехатронного модуля дозування рідких харчових продуктів, схема модуля буде однаковою (рис. 3.5). Основною відмінністю буде тип запірного елемента та його приводу, при цьому керуюча система залишиться незмінною.

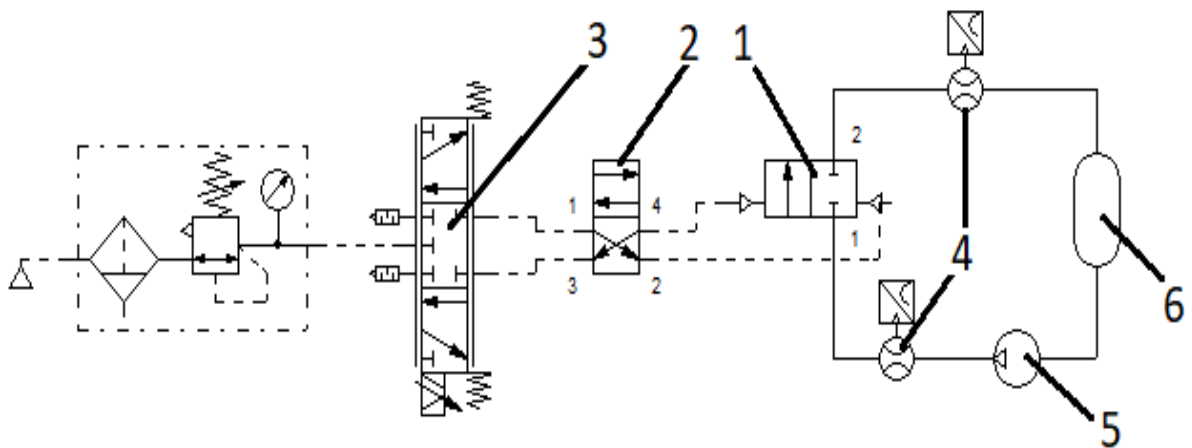


Рис 3.5. Принципова схема експериментальної установки:

1- запірний клапан; 2 – електропневматичний привід;
3 – електропневматичний позиціонер; 4 – роторний витратомір;
5 – помпа; 6 – дозувальний ресивер.

Для виміру витратних характеристик було проведено експерименти з використанням двох установок, в яких запірний елемент міг бути змінений. У першій установці запірним елементом був кульовий кран, а в другій - сідельно-регулюючий клапан.

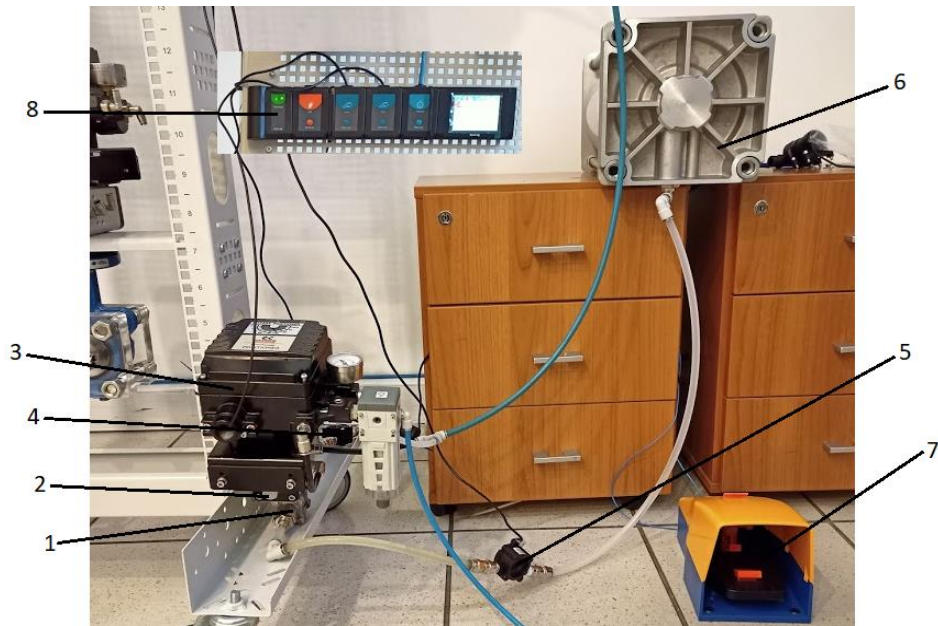


Рис 3.6. Установка для тестування потокового дозатора на базі кульового клапана:

1 – кульовий клапан; 2 – електропневматичний привід;
 3 – пневматичний позиціонер; 4 – помпа; 5 – роторний витратомір;
 6 – ресивер; 7 – кнопка; 8 – контрольно-вимірювальна система.

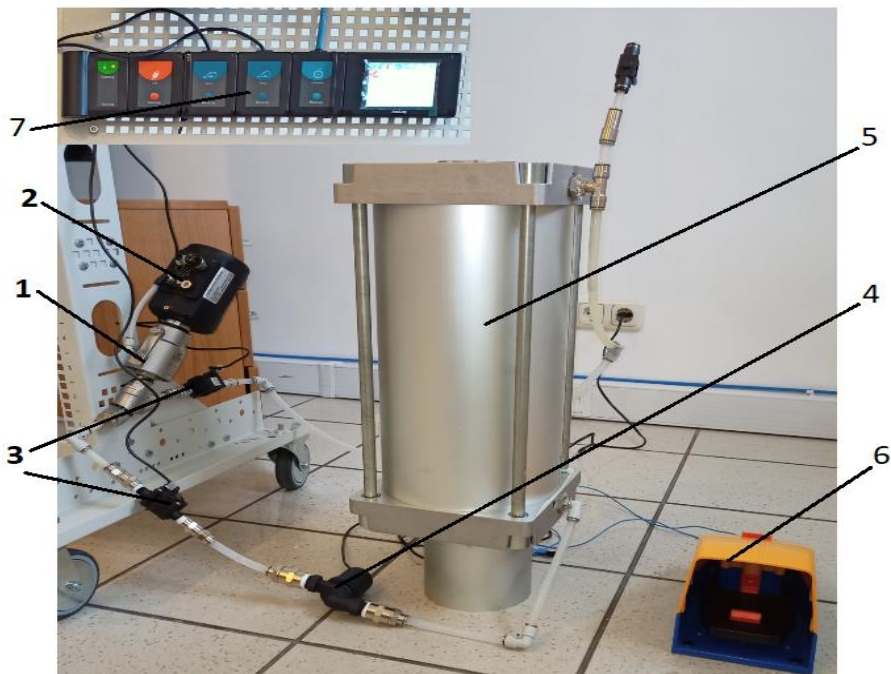


Рис. 3.7. Установка для тестування потокового дозатора на базі сідельного клапана: 1 – сідельний клапан; 2 – пневматичний позиціонер;
 3 – витратомір; 4 – помпа; 5 – робочий ресивер, 6 – ручне керування;
 7 – контрольно-вимірювальна система.

3.3. Методика проведення експериментального дослідження.

Для роботи електропневматичного позиціонера використовувалося стиснене повітря з тиском 4 бар.

Для роботи помпи використовувався блок живлення на 12 В постійного струму.

Керування подачею живлення до насосу здійснювалося за допомогою тумблера «педаль».

Для управління позиціонером використовувався контролер з аналоговим виходом 4..20 мА.

Для проведення експерименту та отримання результатів з контрольно-вимірювальних приладів необхідно виконати наступні дії:

1. Увімкнути насос, натиснувши на кнопку;
2. Увімкнути позиціонер;
3. Запустити контролер із заданим законом імітації аналогового сигнал;
4. Заміряти значення з контрольно-вимірювальних приладів.

Таблиця імітації аналогового сигналу:

Запірний регулювальний елемент	Закон прогр. керування	Час одного циклу	Сигнал на виході кер.
Кульовий клапан	Синусоїдальний з-н Лінійний з-н	До 10 секунд	4..20 мА
Сідельний клапан	Лінійний обернено пропорційний з-н		

3.4. Обробка математично-статистична, щодо результатів вимірювання в ПП «Ехел» роботи із кульовим клапаном.

3.4.1. Графоаналітичні результати вимірювання подачі струмового сигналу лінійним законом

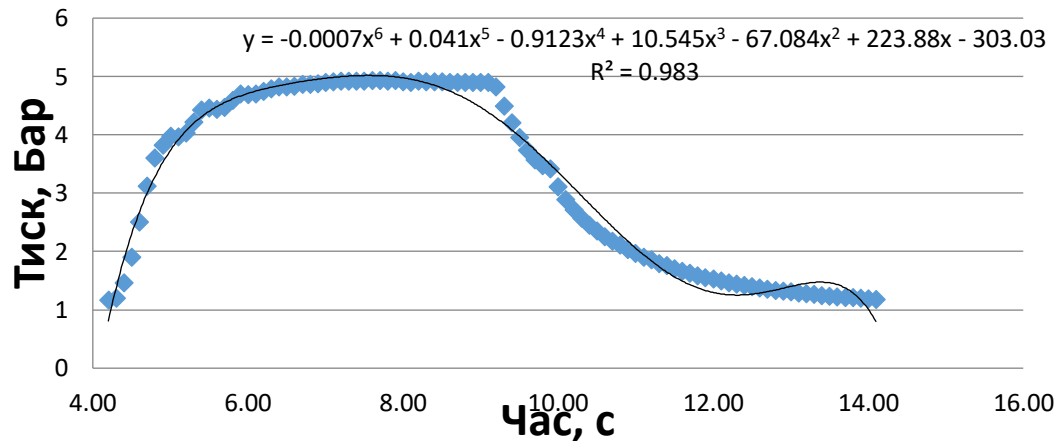


Рис. 3.8. Графік щодо зміни тиску на виході із позиціонеру за один робочий цикл

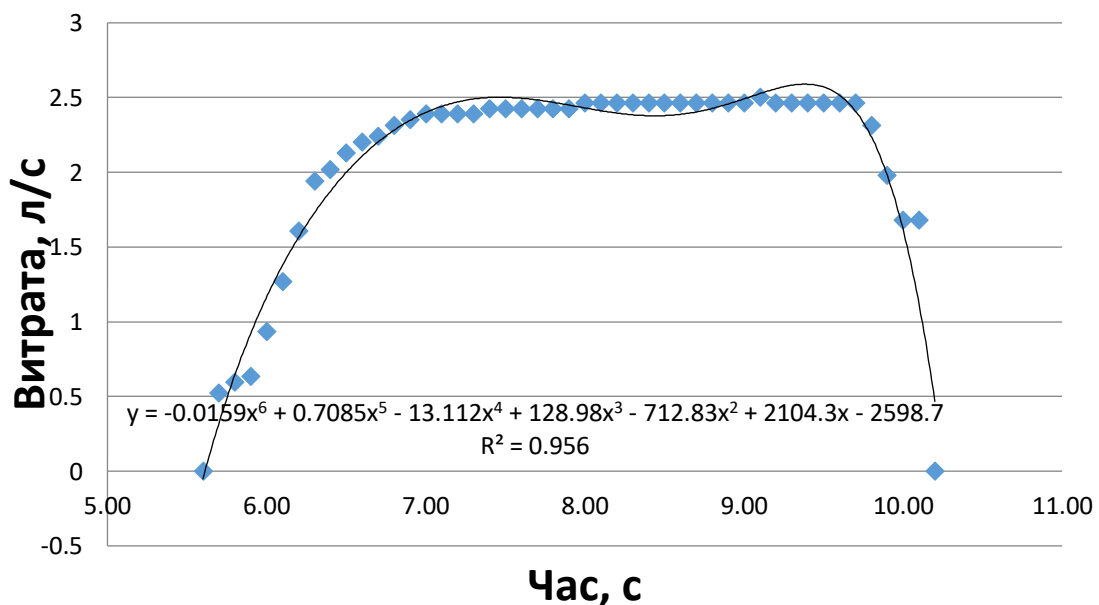


Рис. 3.9. Графік зміни щодо витрати на виході із кульового крану за один робочий цикл

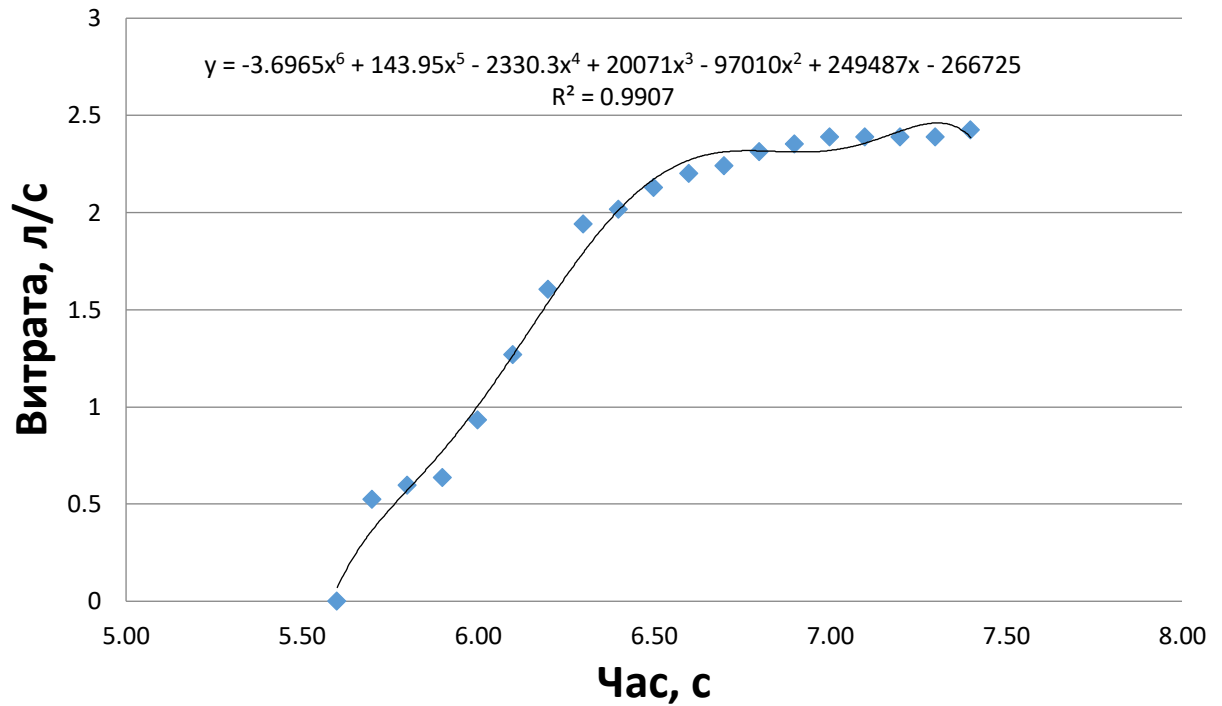


Рис. 3.10 Графік зміни витрати на виході із кульового крану за умови від 0 до 100% витрат

3.3.2. Результат подачі струмового сигналу за синусоїдальним законом.

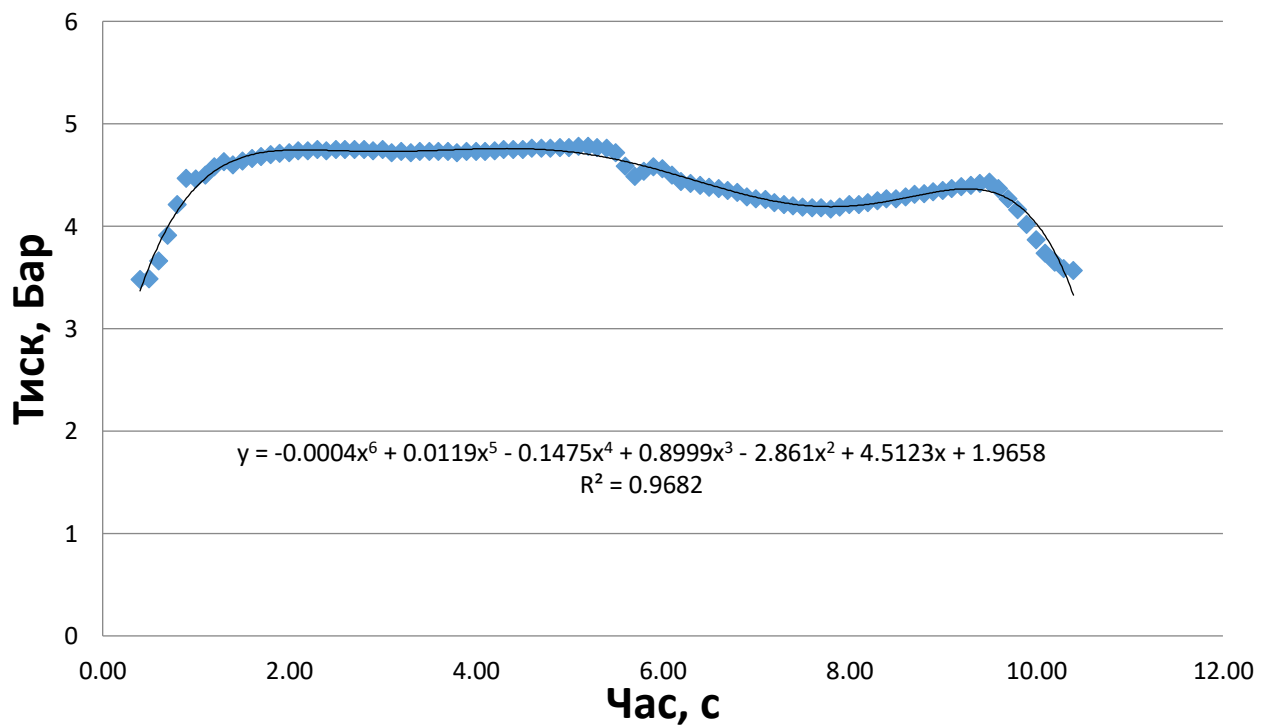


Рис. 3.11. Графік зміни тисків у виході із позиціонера за один робочий цикл

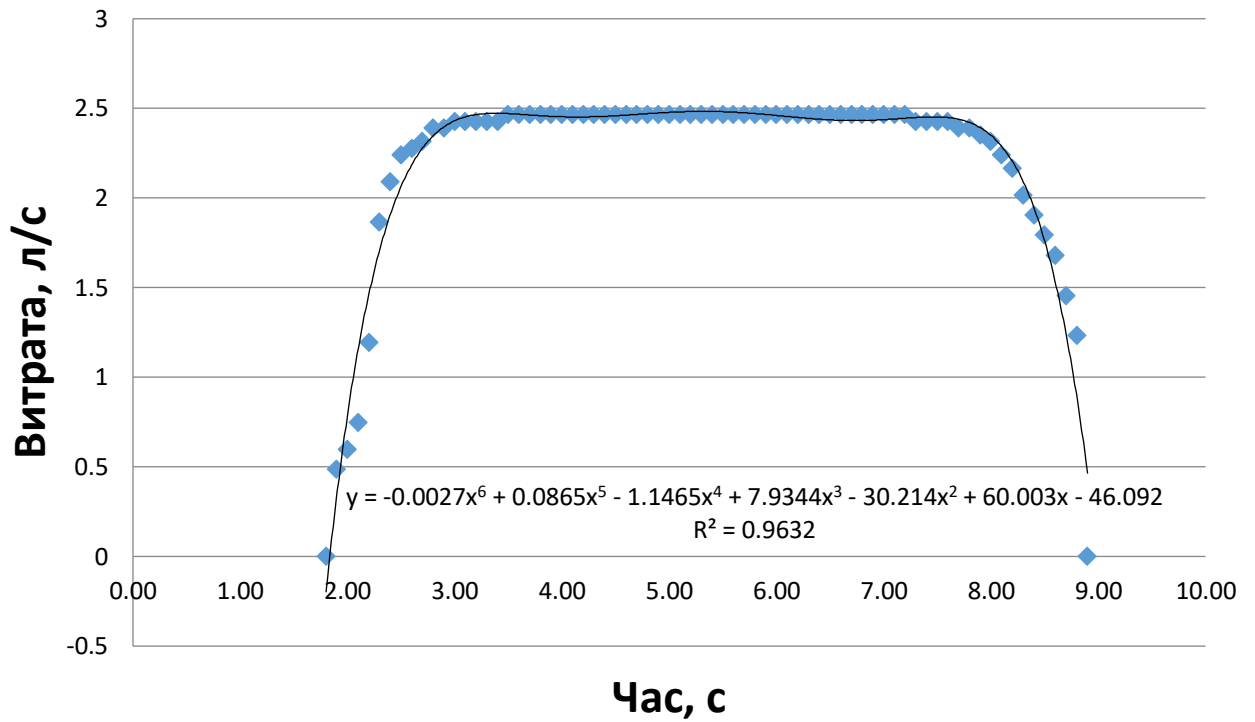


Рис. 3.12. Графік зміни витрат у виході уз кульового крану за один цикл.

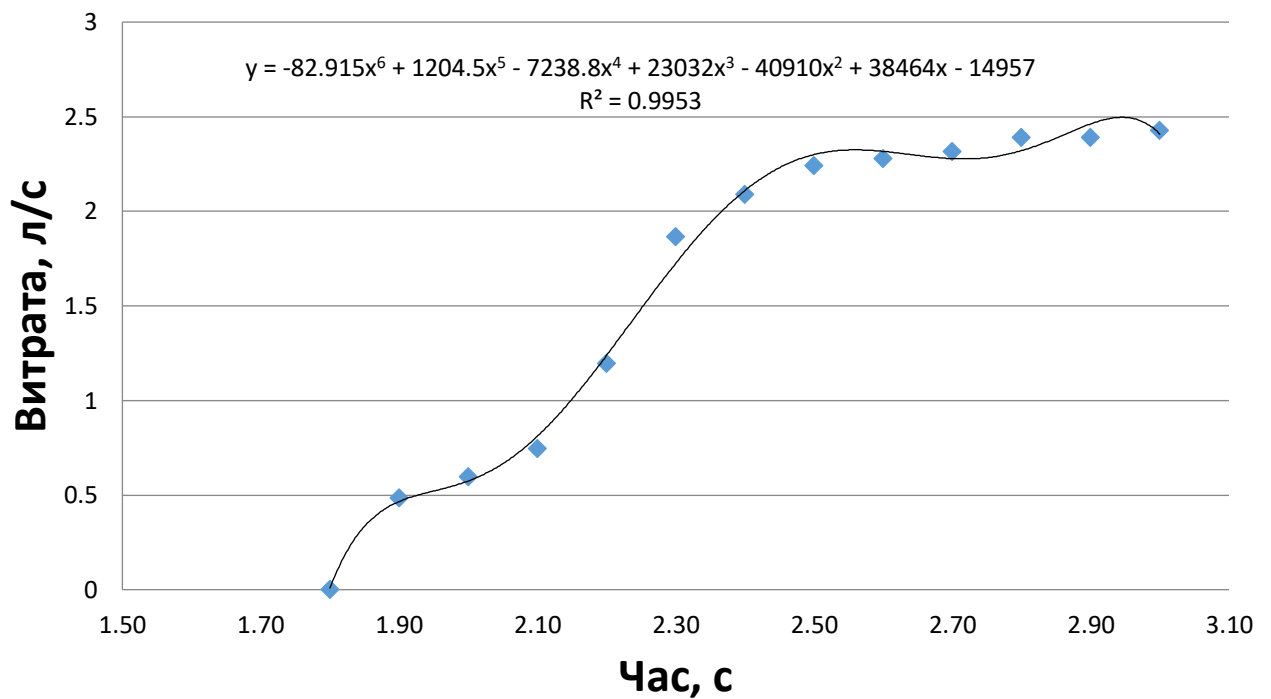


Рис. 3.13. Графік змін витрат на виході із кульового крану у межах від 0 до 100% витрати.

3.4.2 Дослідження впливу струмового сигналу за лінійним обернено пропорційним законом керування

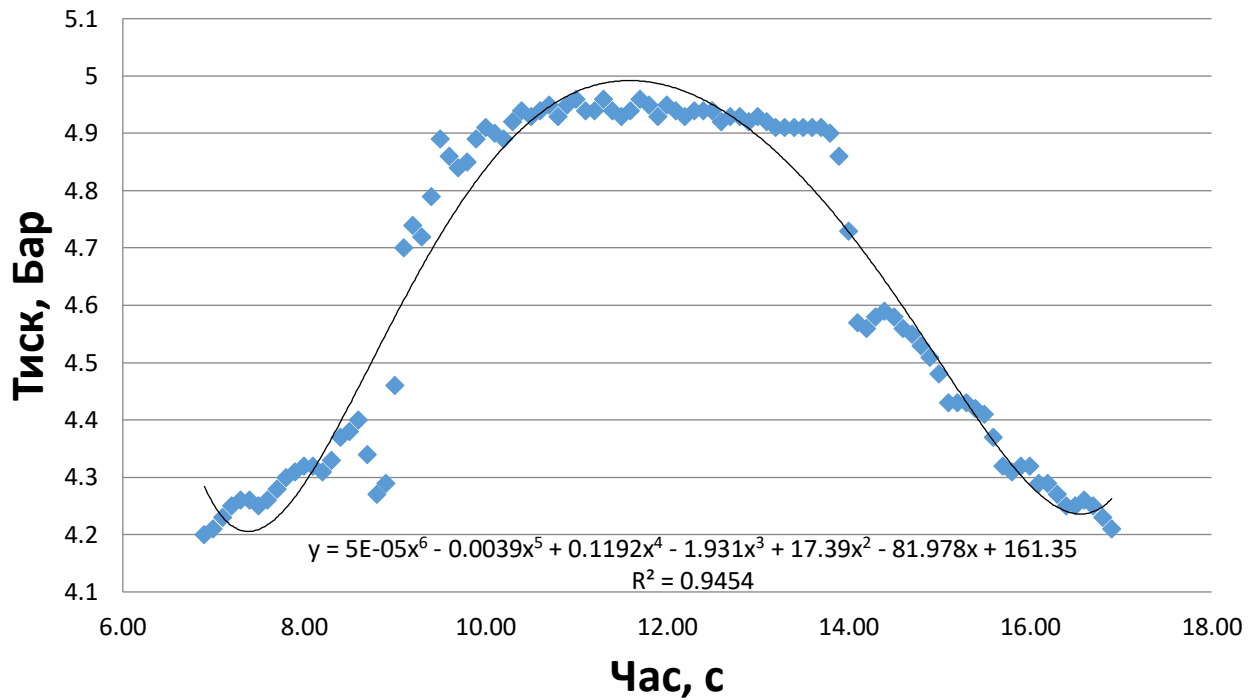


Рис. 3.14. Графік змін тисків на виході із позиціонеру за один робочий цикл

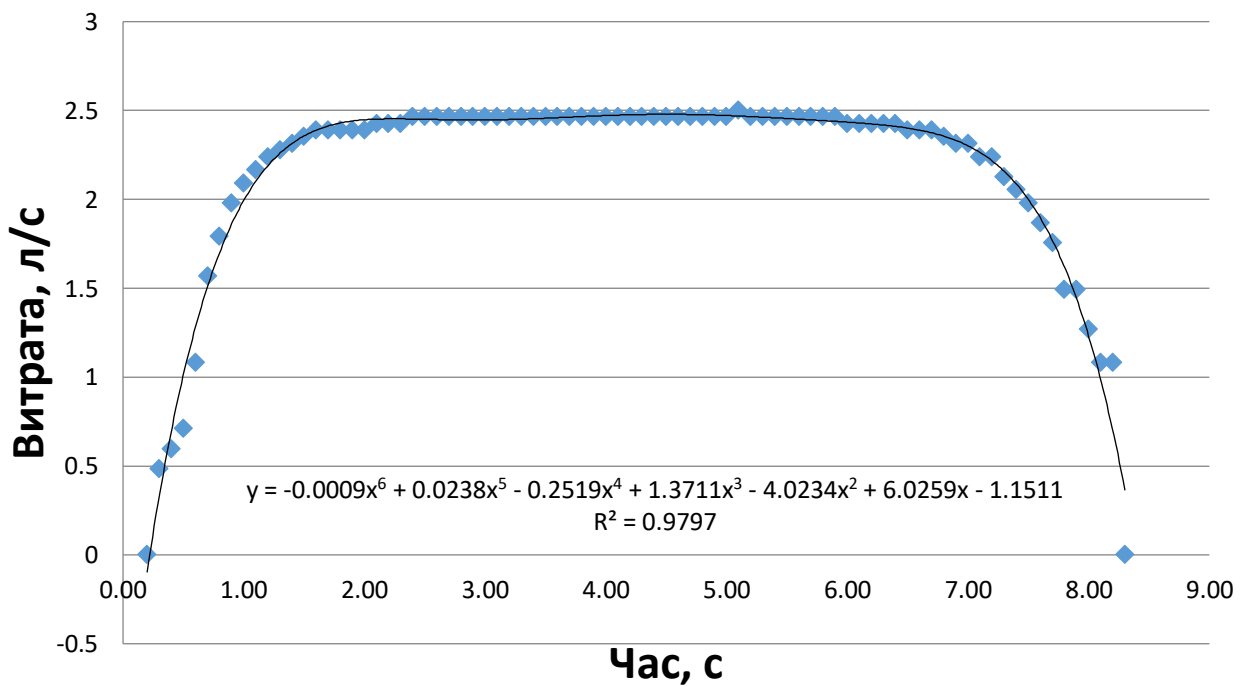


Рис. 3.15. Графік змін витрат на виході із кульового крану за один робочий цикл.

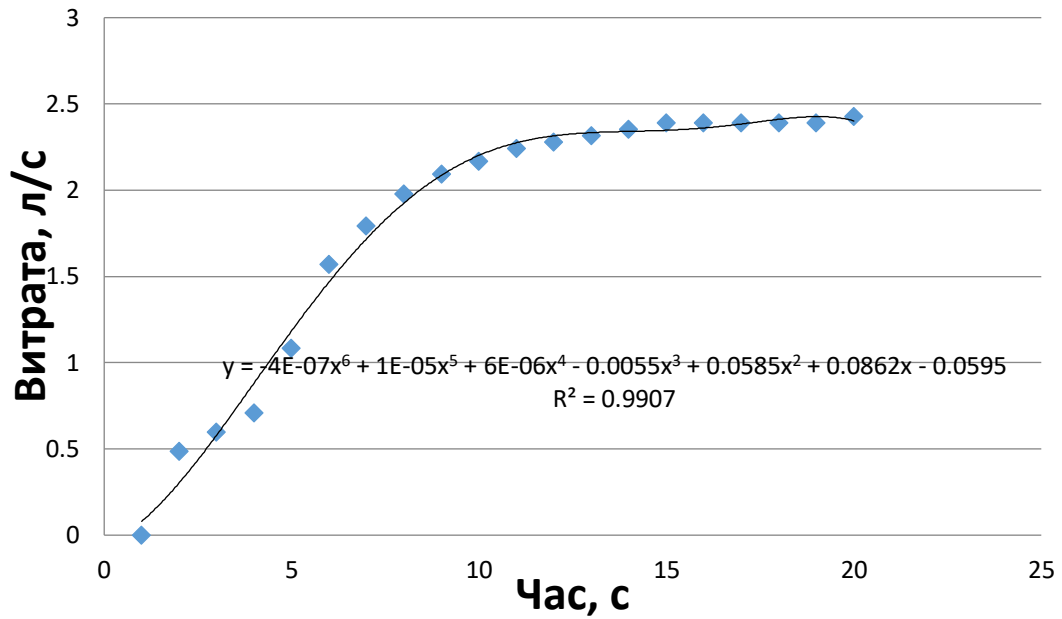


Рис. 3.16. Графік змін витрати на виході із кульового крану у межах від 0 до 100% витрат

3.4.3. Опис математично статистичного дослідження результатів вимірювання в ПП «Ехел» для сідельного клапана

Наведені результати графоаналітичного дослідження при подачі струмового сигналу у форматі лінійного закону.

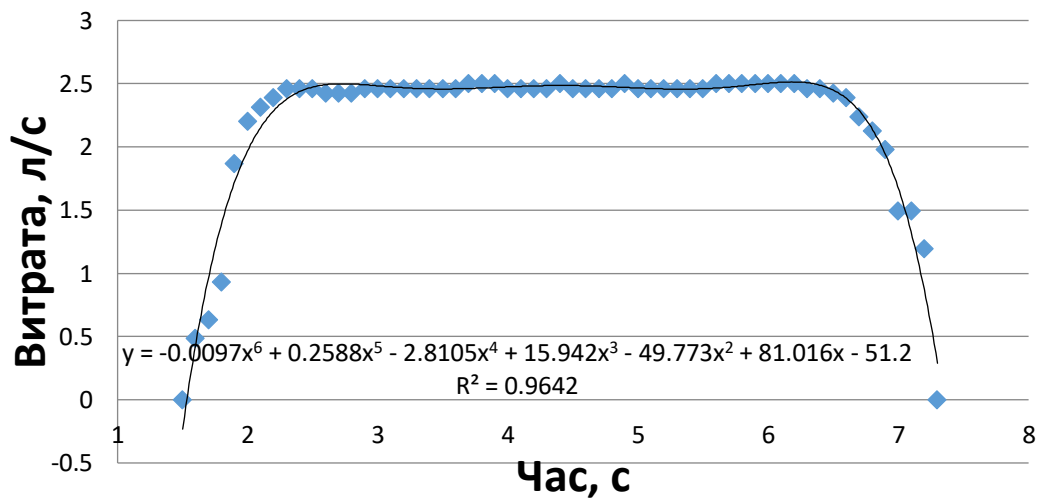


Рис. 3.17. Зміни витрат на виході зі сідельного клапана за один робочий цикл

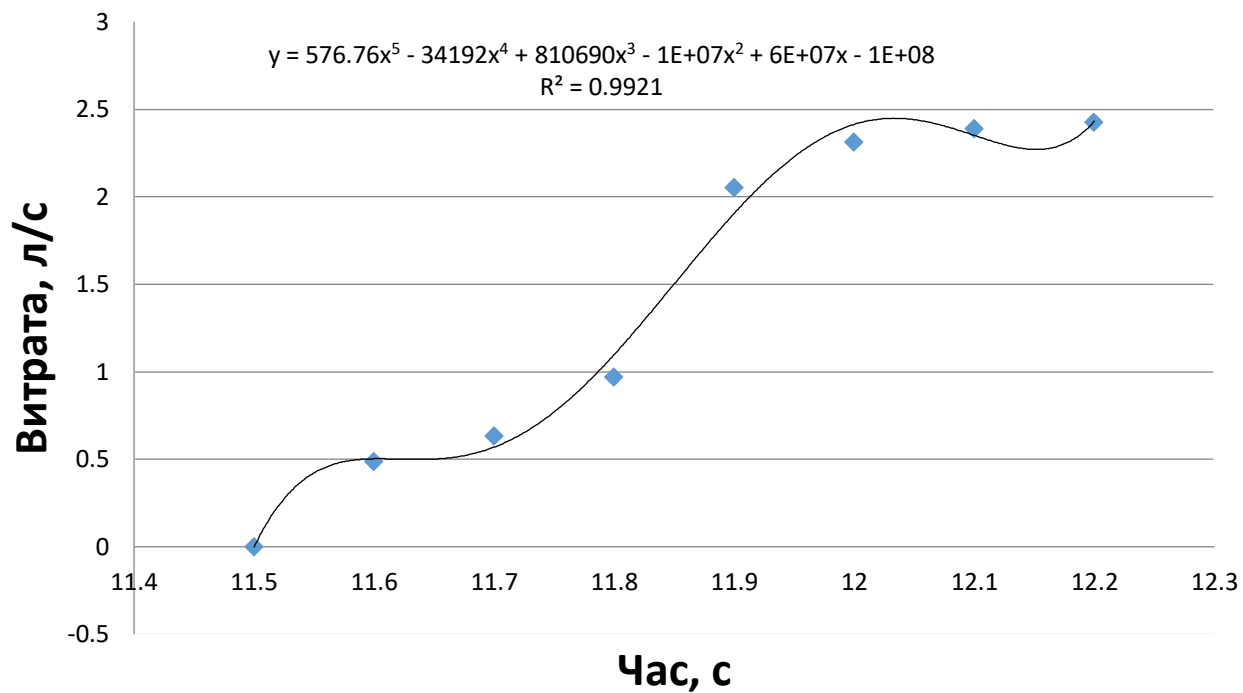


Рис. 3.18. Графік змін витрат на виході із сідельного клапану у межах від 0 до 100% витрати

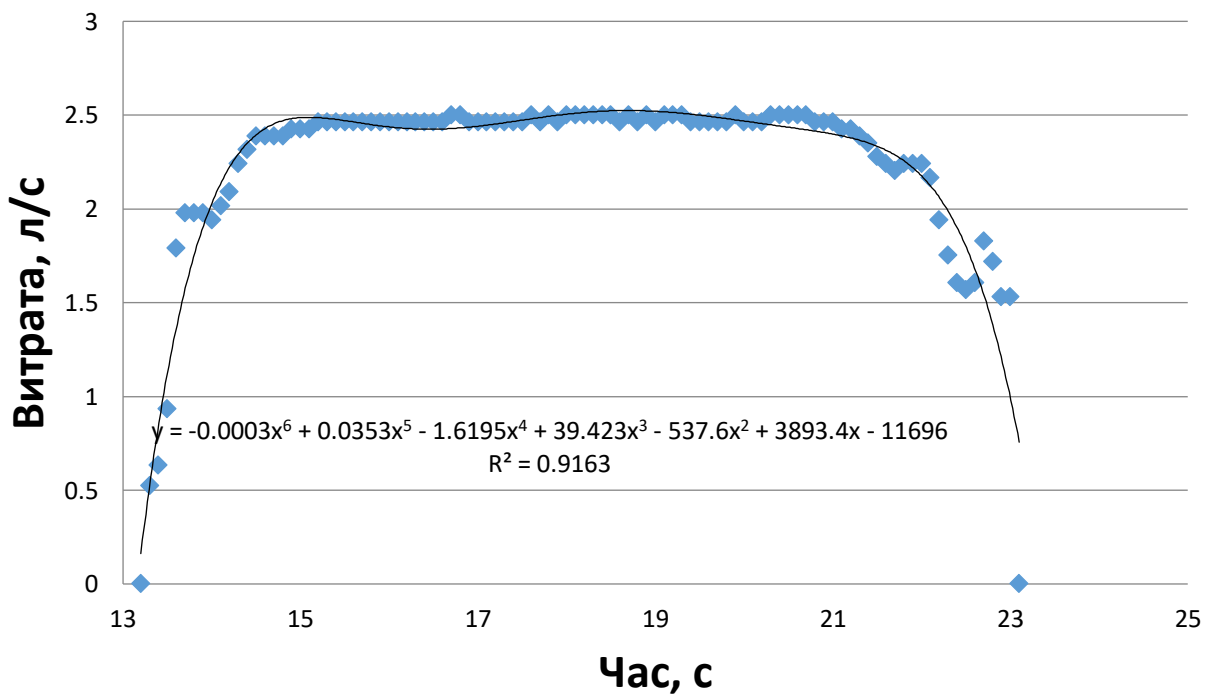


Рис. 3.19. Графік змінення витрат на виході зі сідельного клапану за один робочий цикл

Висновок до розділу 3:

Висновки з експериментальних досліджень регулювання витрат:

- Сідельний клапан з пневматичним керуванням та електропневматичним позиціонером забезпечує найкращий графік витрати на виході на проміжку від 0 до 100 % витрати. Цей графік має високу плавність і точність, що досягається за рахунок лінійного закону керування і високої точності позиціонера.

- Кульовий кран також підходить для регулювання потоку, однак його перетин змінюється дуже різко. Це може призвести до нерівномірного розподілу потоку і, як наслідок, до зниження ефективності системи.

- Позиціонер поворотної дії має один недолік - постійне скидання в атмосферу. Це пов'язано з принципом його роботи, який передбачає різкий перепад тиску в пілотному клапані. Для вирішення цієї проблеми можна використовувати позиціонери з дроселюванням тиску скидання.

- Позиціонер лінійного типу має ряд переваг перед позиціонером поворотної дії. Він має більше опцій, кращу точність і повторюваність. Це робить його більш універсальним і придатним для використання в різних системах регулювання витрати газу.

- Дана система може розливати об'єми від 0,5 до 10 літрів та точністю дозування $\pm 1\%$.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки перед початком роботи на харчовому виробництві

4.1.1. В процесі роботи на обладнанні для харчового виробництва на працівника можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини електромеханічного обладнання, переміщувані сировина, напівфабрикати;
- знижена температура поверхонь холодильного обладнання, сировини;
- знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена вологість повітря;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі;
- недостатня освітленість робочої зони;
- гострі кромки і нерівності поверхонь обладнання, інструменту, інвентарю, тари;
- фізичні перевантаження.

Працівник повинен повідомляти свого безпосереднього керівника про будь-яку ситуацію, яка загрожує життю і здоров'ю людей, про кожний нещасний випадок, що трапився на виробництві, про погіршення стану свого здоров'я, у тому числі про прояви ознак гострого захворювання.

4.1.2. Працівникові при виготовленні харчових продуктів слід:

- залишати верхній одяг, взуття, головний убір, особисті речі в гардеробній;

- перед початком роботи мити руки з милом, одягати чистий санітарний одяг, підбирати волосся під ковпак або косинку або одягати спеціальну сіточку для волосся;

- працювати в чистому санітарному одязі, змінювати його по мірі забруднення;

- при виготовленні напівфабрикатів знімати ювелірні прикраси, годинник, коротко стригти нігті;

- не приймати їжу на робочому місці.

Обладнання повинні експлуатувати працівники, добре підготовлені, які пройшли стажування, вивчили інструкцію по експлуатації даного обладнання, пройшли інструктаж по охороні праці та пожежній безпеці.

Перед початком роботи працівникові необхідно надіти санітарний одяг і взуття. Санітарний одяг застібнути на всі гудзики (зав'язати зав'язки), не допускаючи звисаючих кінців одягу, волосся прибрати під головний убір.

Не допускається заколювати одяг шпильками, голками, тримати в кишенях одягу скляні, гострі предмети і предмети, що б'ються.

Перевірити оснащеність робочого місця необхідним для роботи обладнанням, інвентарем, пристроями та інструментом.

4.1.3. Підготувати робоче місце для безпечної роботи:

- забезпечити наявність вільних проходів;

- перевірити стійкість виробничого столу, стелажа, міцність кріплення обладнання до фундаментів і підставок;

- надійно встановити (закріпити) пересувне (переносне) обладнання та інвентар на робочому столі, підставці, пересувному візку;

- зручно і стійко розмістити запаси сировини, напівфабрикатів, інструмент, пристосування відповідно до частоти використання і розходування.

4.1.4. Перевірити зовнішнім оглядом:

- достатність освітленості робочої поверхні;
- відсутність звисаючих, оголених кінців електропроводки;
- надійність закриття всіх струмоведучих і пускових пристроїв обладнання;
- наявність і надійність заземлюючих з'єднань (відсутність обривів, міцність контакту між металевими неструмоведучими частинами машини і заземлюючим проводом);
- наявність, справність, правильну установку і надійне кріплення огороження рухомих частин обладнання (зубчастих, ланцюгових, кліноремених та інших передач, сполучних муфт і т.п.);
- відсутність сторонніх предметів всередині і навколо обладнання;
- комплектність і цілісність деталей застосовуваних машин;
- стан підлог (відсутність вибоїн, нерівностей, ковзання, відкритих трапів, колодязів) на шляху переміщення працівника;
- відсутність вибоїн, тріщин та інших нерівностей на робочих поверхнях виробничих столів;
- справність застосовуваного інвентарю, пристроїв та інструменту;
- ступінь натягу ремня і щільність натяжки гайок на валах фрез машини для розпушування м'яса;
- справність пускорегулювальної апаратури використовуваного обладнання (пускатів, вимикачів, аварійних кнопок, перемикача швидкостей і т.п.).

Провести необхідну збірку обладнання, правильно встановити і надійно закріпити знімні деталі та механізми відповідно до експлуатаційної документації заводів-виготовлювачів.

4.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях при роботі з гідравлічним або пневматичним тиском

При виникненні несправності устаткування, що може загрожувати аварією на робочому місці:

- припинити його експлуатацію, а також подачу до нього електроенергії, води, сировини, продукту і т.п. ;
- доповісти про вжиті заходи безпосередньо керівнику (працівнику, відповідальному за безпечну експлуатацію обладнання) і діяти відповідно до отриманих вказівок.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.2.1 Аварійна ситуація може виникнути в разі:

- руйнування конструкцій та складників обладнання;
- ураження електричним струмом;
- надважких статичних та динамічних перенавантажень;
- поломки обладнання, пристроїв;
- пожежі, запаху гару, диму, горілої ізоляції тощо.

4.2.2 У разі аварійної або надзвичайної ситуації працівник зобов'язаний негайно вжити заходів, щоб усунути джерело аварійності:

- зупинити роботу обладнання;
- припинити всі роботи, не пов'язані з ліквідацією аварії;
- вжити заходів з надання домедичної допомоги, якщо є потерпілі;
- вжити заходів, щоб запобігти розвитку аварійної ситуації та впливу травмувальних чинників на інших осіб;
- забезпечити виведення людей із небезпечної зони, якщо є небезпека для їхнього здоров'я і життя.

Роботу можна відновити лише після того, як усунуть причини, що призвели до аварійної ситуації.

4.2.3 Обладнання під тиском необхідно зупинити та відключити якщо:

- виявили несправності запобіжних пристроїв через підвищення тиску;
- тиск в обладнанні піднявся вище дозволеного і продовжує підніматися;
- припинили працювати живильні пристрої;
- несправна автоматика безпеки або аварійної сигналізації, зокрема зникла напруга на цих пристроях;
- несправний манометр і неможливо визначити тиск за допомогою інших приладів.

4.2.4 Механізм здійснення аварійної зупинки обладнання під тиском має бути визначений у виробничій інструкції.

4.2.5 Загальна послідовність дій під час домедичної допомоги потерпілому внаслідок аварії:

- усунути вплив на організм чинників, які загрожують життю і здоров'ю;
- оцінити стан потерпілого, визначити характер і тяжкість травми;
- виконати необхідні дії, щоб врятувати потерпілого;
- підтримувати основні життєві функції потерпілого, доки не прибуде медичний працівник;
- за подальшого погіршення самопочуття потерпілого не припиняти надавати домедичну допомогу та викликати за телефоном «103» швидку медичну допомогу або вжити заходів, щоб транспортувати потерпілого до найближчого медичного закладу.

4.2.6 У разі пожежі (ознак горіння) необхідно:

- негайно припинити роботу;
- відключити живлення обладнання;
- вжити заходів для гасіння (локалізації) пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння;
- електропроводку та електроустаткування гасити тільки вуглекислотними та порошковими вогнегасниками;
- подати сигнал оповіщення про пожежу через засоби зв'язку, оповіщення тощо;
- повідомити за телефоном «101» пожежну частину. При виклику вказати адресу, місце пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;
- вжити заходів, щоб евакуювати людей та зберегти матеріальні цінності;

У всіх випадках виконувати вказівки керівника робіт, щоб ліквідувати небезпеку.

Висновок до розділу 4:

Збереження життя і здоров'я працівників є найважливішим напрямом державної політики у галузі охорони праці. Проблеми забезпечення безпеки людини набувають особливої гостроти у виробничому середовищі, в якому здійснюється трудова діяльність людини і відбувається формування різних небезпечних і шкідливих факторів. Сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, що впливають на працездатність і здоров'я працівника, складає умови праці. Для сучасного виробництва характерні швидка зміна технологій, оновлення обладнання, впровадження нових процесів і матеріалів, які недостатньо вивчені з точки зору негативних наслідків їх застосування. Харчова промисловість не є винятком.

Безпека виробничих процесів

Технологічні процеси харчових виробництв пов'язані з великими тепло — та волого виділеннями, часто супроводжуються значними рівнями шуму і вібрації. Окремі операції не виключають попадання в повітря виробничих приміщень пилу, парів і газів, що роблять шкідливий вплив на організм людини. Застосування легкозаймистих і горючих рідин і матеріалів істотно підвищує пожежо- і вибухонебезпечність харчових виробництв. Багато підприємств харчової промисловості оснащені високо механізованим і автоматизованим обладнанням з програмним управлінням. У зв'язку з цим збільшується потенційна небезпека виникнення травмонебезпечних ситуацій.

Безпека виробничих процесів забезпечується, передусім, політикою підприємства, спрямованою на застосування технічно справного обладнання та устаткування. А також, допуск до роботи працівників, які пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці.

Організація і управління охороною праці

Організована система управління охороною праці на підприємстві регулює взаємовідносини між структурними підрозділами підприємства, стосунки роботодавця з найнятими робітниками.

Управління охороною праці — це чітка взаємодія усіх структур виробництва, спрямована на дотримання нормативних вимог по охороні праці і виконання посадових обов'язків по забезпеченню безпеки виробничих процесів.

Важливу роль в ефективності системи управління охороною праці відіграє підбір і розставляння кадрів. Необхідно створити службу охорони праці, призначити посадових осіб, які забезпечуватимуть вирішення конкретних питань охорони праці на підприємстві.

Для здійснення навчання та перевірки знань з питань охорони праці на підприємстві створюється постійно діюча комісія.

Особливу увагу необхідно приділити службі охорони праці підприємства проведенню вступного інструктажу з питань охорони праці. Начальникам цехів, керівникам структурних підрозділів забезпечити проведення всіх необхідних інструктажів, організувати навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт, наданню першої допомоги потерпілим.

Інструктаж з охорони праці та організація стажування переслідує мету надати працівникам необхідний обсяг знань, умінь і навичок по правильному і безпечному виконанню робіт на дорученій ділянці перед допуском до самостійної роботи.

Проведення інструктажів на робочих місцях, щоденний контроль начальниками цехів, відповідальними особами технічних служб, службою

охорони праці по безпечному виконанню технологічних операцій, виконання інструкцій по охороні праці, застосування засобів індивідуального захисту дають позитивні результати по профілактиці виробничого травматизму.

ВИСНОВОК

Розроблено функціональний мехатронний модуль для дозування фасування харчових рідких продуктів в системі дозатора потокового типу з оптимальними витратними характеристиками.

- Розроблено математичну модель розрахунку основних компонентів функціонального мехатронного модуля;
- Вибрано оптимальний тип приводу для функціонального мехатронного модуля;
- Розраховано оптимальний діаметр трубки для підведення повітря до приводів;
- Спроектовано та зібрано експериментальну установку для дослідження витратних характеристик функціонального мехатронного модуля;
- Проведено експериментальні дослідження витратних характеристик функціонального мехатронного модуля;
- Оброблено отримані експериментальні дані та сформулювати висновки.

За отриманими даними дослідження можна зробити висновки:

- Була розроблена математична модель розрахунку основних компонентів функціонального мехатронного модуля;
- Було обрано оптимальним типом приводу для функціонального мехатронного модуля пневматичний привод лінійного типу;
- Був визначено оптимальним діаметром трубки для підведення повітря до приводів 6 мм;
- Була спроектована та зібрана експериментальна установка для дослідження витратних характеристик функціонального мехатронного модуля;
- Були проведені експериментальні дослідження витратних характеристик функціонального мехатронного модуля;

- Були оброблені отримані експериментальні дані;
- Були сформульовані висновки;
- Оптимальна витратна характеристика була отримана при експлуатації сідельного клапану;
- Сідельний клапан мав ряд переваг перед кульовим краном, зокрема:
 - Менші витратні характеристики позиціонера;
 - Висока точність регулювання;
 - Більша опціональність налаштувань;
 - Були надані рекомендації.

Функціональний мехатронний модуль з сідельним клапаном може бути використаний у промислових машинах та апаратах для дозування фасування харчових рідких продуктів.

Розвиток потокових дозаторів для рідин, таких як сік, молоко, вода, відбувається в напрямку підвищення точності дозування, продуктивності та автоматизації.

У минулому потокові дозатори найчастіше використовувалися в промислових масштабах. Вони були простими і надійними, але не відрізнялися високою точністю. У сучасних потокових дозаторах використовуються більш складні технології, що дозволяє підвищити точність дозування до $\pm 1\%$. Це важливо для багатьох промислових процесів, де потрібне точне дозування рідин.

Також сучасні потокові дозатори характеризуються високою продуктивністю. Вони можуть дозувати рідини зі швидкістю до кількох тисяч літрів на годину. Це дозволяє значно підвищити ефективність виробництва.

Останнім часом спостерігається тенденція до автоматизації потокових дозаторів. Автоматизовані дозатори дозволяють підвищити точність і продуктивність дозування, а також спростити обслуговування.

У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку потокових дозаторів. Вони стануть ще більш точними, продуктивними та автоматизованими. Це дозволить використовувати їх у все більш широкому спектрі застосувань.

Ось деякі конкретні приклади розвитку потокових дозаторів для рідин:

- Використання сучасних матеріалів і технологій дозволяє підвищити точність дозування до $\pm 1\%$;
- Розробка нових типів приводів дозволяє підвищити продуктивність дозаторів;
- Впровадження автоматизації дозволяє підвищити точність і продуктивність дозаторів, а також спростити обслуговування.

Ці розробки роблять потокові дозатори все більш затребуваними в різних галузях промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л., Васильковский К.В., Шевченко А.Е. и др. Справочник механика пищевой промышленности; Под ред. А.И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2004. –304с.: ил.
2. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. „Пакувальне обладнання”.- К.:ІАЦ „Упаковка”, 2008.-435с.
3. Kryvoplias-Volodina, L.; Gavva, A.; Sukhenko V., Tokarchuk, S., Myronchuk V. (2022) Synthesis of the control system for the positioning pneumatic drive of shut-off fittings according to the criteria of technological efficiency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(2(118), 79–91.
4. Кодра, Ю.В. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: підруч. / Ю.В. Кодра, З.А. Стоцька. – Л.: Видав. «Львівська політехніка», 2004.– 468 с.
5. J. X. Liu, New developments in robotics research: Nova Publishers, 2005. [2] J. Butler, T. Elsayw, R. M. Hall, W. Atkins, and E. Hansen, "Chemical Dispensing system and method," ed: Google Patents, 2001.
6. A. Godschalk Jr Louis, "Device for dispensing measured quantities of liquid," ed: Google Patents, 1968.
7. F. R. Hickerson, "Liquid dispensing system." U.S. Patent No. 5,044,527. 3 Sep. 1991.
8. L. R. Ceccarelli, and A. Ceccarelli. "Pre-measured liquid and powder dispenser with overflow lube." U.S. Patent No. 5,323,938. 28 Jun. 1994.
9. H. Awada, and K. Awada. "Reusable and accurately pre-measured liquid dispenser." U.S. Patent No. 5,584,420. 17 Dec. 1996.
10. T. R. Hanson, "Liquid measuring and dispensing device," ed: Google Patents, 2005.
11. G. W. Takacs, "Precise volume fluid dispenser," ed: Google Patents, 1996.

12. J. R. Randall Jr and D. E. Keyes, "Time Volumetric Fluid Dispensing Apparatus," ed: Google Patents, 2011.

13. D. Dixon, "Time pressure dispensing," White papers. Universal Instruments. http://www4.uic.com/wcms/WCMS2.nsf/index/Resources_58.html. Accessed, vol. 11, 2009.

14. P. Swanson, "Improving industrial dispensing with pneumatic dispensing valves," Intertronics, 2007.

15. AT89C51, "8-bit Microcontroller data sheet," Atmel Corporation, 2000.

16. HM-TRP module, "HM-TRP-RS485 Series 100mW Transceiver modules V1.0," Hope Microelectronics Co., Ltd, 2014.

17. Parallax, "4x4 Matrix Membrane Keypad" Parallax Inc., 2011.

18. E-Lab Digital Engineering "EDE1144 Keypad Encoder IC: 4 x 4 Matrix Keypad Encoder IC", E-Lab Digital Engineering, Inc, 1999. 19. M. Nakao, A. Sasabata, and H. Tanaka, "SPST switch, SPDT switch, and communication apparatus using the SPDT switch," ed: Google Patents, 2001.

20. T. Instruments, "LM124-N/LM224-N/LM324-N/LM2902-N Low Power Quad Operational Amplifiers," Texas Instruments, 2004.

21. Solenoid valve, "General purpose Solenoid valves," Parker Fluid Control Division (FCD), 2011.

22. J. Plett, "How to use intelligent LCDs," Everyday Practical Electronics, pp. 84-89, 1997.

23. Пальчевський, Б.О. Розрахунок функціональних пристроїв пакувальних машин: навчальний посібник / Б.О. Пальчевський, О.А. Крестьянполь, Д.В. Бондарчук - Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. - 296 с.

24/ Гавва, О.М. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин /О.М.Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна Л.О., С.В. Токарчук С.В. - Друк. - Моногр., - К.:Видавництво «Сталь», 2015.- 547с.^ВК 978-617-676-079-5.(Особистий внесок: написання розділів 5 та 6).

25. Пальчевський, Б.О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): навч. посібник для студ. вищ. техн. навч. закладів / Б. О. Пальчевський. - Л. : Світ, 2007. - 392 с.
26. Кодра, Ю. В. Завантажувальні пристрої технологічних машин. Розрахунок і конструювання : навч. посіб. / Ю. В.Кодра, З. А. Стоцько, О. В. Гаврильченко. - Л. : Бескид Біт, 2008. - 356 ^
- Допоміжна
27. Якимчук, М.В. Проектування пакувального обладнання із мехатронних модулів./ М.В. Якимчук, О.М. Гавва, А.П.Беспалько, Л.О.Кривопляс-Володіна -Моногр., - К: Видавництво «Сталь», 2017. -515 с
28. Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О., Марцинкевич Л.В., Гавва О.О., Токарчук С.В. Системна інженерія пакувальних машин-автоматів: моногр. - К.: Видавництво «Сталь», 2023. - 466 с.
29. Репозитарій НУХТ- Режим доступу :<http://dspace.nuft.edu.ua> - 30.08.23р.
30. База даних EBSCO - Режим доступу <http://www.ebsco.com/>- 30.08.23р.
31. База даних Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського
Режим доступу - <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539> - 30.08.23р.
32. Офіційний сайт наукового журналу «Упаковка». - Режим доступу:
<http://www.upakjour.com.ua/archive> - 30.08.23р.
- 33.Офіційний сайт наукового журналу «Технологічні комплекси». - Режим доступу: <http://t-komplex.net.ua/ua/archive> - 30.08.23р.