

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ
ДОЗУВАННЯ ПАСТОПОДІБНИХ ПРОДУКТІВ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи М-41
Головій Аркадій Олександрович

(підпис)

Керівник:
Д.т.н., професор
Рябчиков Микола Львович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.

К.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Пуць Віталій Степанович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *В. Пуць*

«___» _____ 2025 р.

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

Головію Аркадію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Розробка конструкції пристрою для дозування пастоподібних продуктів»*

Керівник роботи: *д.т.н, професор Рябчиков Микола Львович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «04» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Розробити конструкцію дозатору пастоподібних прдуктів з пневматичним приводом*

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

Обґрунтування доцільності створення порційних дозаторів

Напрями класифікації дозаторів виходячи з принципів дозування

Основи розрахунків порційних дозаторів

Конструювання дозатору

5. Перелік графічного матеріалу:

Загальна схема роботи

Загальний вид

Креслення дозатору

Креслення деталей дозатору

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Рябчиков М.Л., професор		
Розділ 2	Рябчиков М.Л., професор		
Розділ 3	Рябчиков М.Л., професор		
Розділ 4	Рябчиков М.Л., професор		
Розділ 5	Рябчиков М.Л., професор		
Розділ 6	Рябчиков М.Л., професор		

7. Дата видачі завдання «18» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>05.04.2025 р.</i>	
3.	<i>Розділ 1-3</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
4.	<i>Розділ 4-6</i>	<i>15.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>17.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>20.05.2025</i>	
7.	<i>Формування додатків</i>	<i>25.05.2025 р.</i>	
8.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>31.05.2025 р.</i>	
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>03.06.2025 р.</i>	
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>05.06.2025 р.</i>	
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>10.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Головій А.О.)

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

(Рябчиков М.Л.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Головій Аркадій Олександрович. Розробка конструкції пристрою для дозування пастоподібних продуктів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, шести розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел з 28 найменувань, 6 додатків

У даній роботі розглянуто аспекти автоматизації процесу дозування рідин, що є важливим етапом у багатьох промислових і наукових галузях. Проаналізовано сучасні методи дозування, зокрема використання насосів, клапанних систем і датчиків контролю. Особливу увагу приділено перевагам автоматизованих систем, таким як підвищення точності, зменшення впливу людського фактора та оптимізація витрат ресурсів. Розглянуто можливі технічні рішення, що сприяють покращенню дозувальних систем, та окреслено перспективи подальшого розвитку автоматизації в цій сфері.

Ключові слова : ДОЗАТОР, КОНСТРУКЦІЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, РІДКІ МАТЕРІАЛИ

					<i>КРБ 0003.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Головій</i>				<i>Розробка конструкції пристрою для дозування пастоподібних продуктів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Рябчиков</i>						4	55
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Луць</i>							

ANNOTATION

Golovii Arkadiy Oleksandrovych. Development of a device for dosing pasty products. Manuscript.

Bachelor's qualification work of the EP "Industrial Mechanical Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions and proposals, a list of used sources of 28 names, 6 appendices

This work considers aspects of automation of the process of dosing liquids, which is an important stage in many industrial and scientific fields. Modern dosing methods are analyzed, in particular the use of pumps, valve systems and control sensors. Special attention is paid to the advantages of automated systems, such as increasing accuracy, reducing the impact of the human factor and optimizing resource costs. Possible technical solutions that contribute to the improvement of dosing systems are considered, and the prospects for further development of automation in this area are outlined.

Keywords: dispenser, DESIGN, CLASSIFICATION, LIQUID MATERIALS

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Обґрунтування доцільності створення порційних дозаторів	8
2. Напрями класифікації дозаторів виходячи з принципів дозування	11
3 Типи порційних дозаторів	21
4 Основи розрахунків порційних дозаторів	25
5 Обґрунтування приводу роботи дозатора	30
6 Конструювання дозатору	35
Висновки	38
Список використаних джерел	39
Додатки	42

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості автоматизація виробничих процесів є одним із ключових напрямків підвищення ефективності, якості та безпеки. Впровадження автоматизованих систем дозволяє значно зменшити вплив людського фактора, мінімізувати похибки та забезпечити високу точність виконання технологічних операцій. Однією з актуальних задач у цій сфері є автоматизація дозування рідких і пастоподібних речовин, що має важливе значення для таких галузей, як фармацевтична, харчова, хімічна та екологічна промисловість.

Ручні методи дозування, які використовуються на малих та середніх підприємствах, мають ряд недоліків, зокрема нестабільність об'єму порцій, перевитрату сировини та низьку продуктивність. Це обумовлює необхідність розробки ефективних порційних дозаторів, які забезпечать точність і повторюваність процесу дозування. Різноманітність технологічних процесів та фізико-хімічних властивостей дозованих речовин спричиняє потребу у використанні різних конструкцій дозаторів, які можуть працювати на основі різних методів подачі та контролю дозування.

Сучасні порційні дозатори активно впроваджуються в промисловість, дозволяючи зменшити витрати матеріалу та підвищити якість продукції. Удосконалення конструкції дозаторів передбачає застосування програмованих логічних контролерів, сенсорних систем, а також мікропроцесорних пристроїв, які дозволяють здійснювати контроль параметрів дозування в реальному часі. Крім того, використання адаптивних алгоритмів управління дозволяє автоматично коригувати процес дозування в залежності від змінних параметрів середовища.

Таким чином, розробка та впровадження порційних дозаторів є перспективним напрямком, що сприяє підвищенню продуктивності, покращенню якості продукції та забезпеченню стабільності технологічних процесів у різних галузях промисловості.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ПОРЦІЙНИХ ДОЗАТОРІВ

Високі сучасні вимоги до пропускну́ї спроможності, якості та безпеки в різних галузях промисловості призвели до стрімкого зростання потреби у впровадженні нових підходів для заміни попередніх ручних методів. Автоматизація стала ключовим фактором у вдосконаленні виробничих процесів, що дозволяє не тільки підвищити ефективність, але й значно зменшити вплив людського фактора, мінімізувати помилки та забезпечити точність дозування. Майже в кожній галузі використовуються сучасні машини, які сприяють підвищенню продуктивності, покращенню якості кінцевого продукту та забезпеченню стабільності технологічних процесів.

Лабораторії, фармацевтична промисловість, екологічні та хімічні компанії, підприємства з виробництва продуктів харчування та напоїв активно впроваджують автоматизовані системи дозування рідини. Процес підготовки зразків у таких галузях є критично важливим, особливо коли мова йде про фармацевтичну та харчову промисловість. Якість кінцевої продукції багато в чому залежить від точності дозування компонентів та правильного їх змішування. Наприклад, у харчовій промисловості точне дозування сиропів та інших інгредієнтів під час виробництва напоїв визначає їхній смак та відповідність стандартам якості. Фармацевтичні компанії стикаються зі ще жорсткішими вимогами, оскільки навіть незначне відхилення у дозуванні лікарських засобів може мати серйозні наслідки для здоров'я споживачів.

Для досягнення необхідного рівня точності у дозуванні рідин необхідно застосовувати сучасні автоматизовані методи, які замінюють застарілі ручні способи, схильні до помилок та нестабільності. Аналіз літературних джерел показав наявність різних автоматизованих підходів до дозування рідини, а також декілька варіантів конструкцій дозуючих систем, запропонованих різними винахідниками. Наприклад, Hickerson, Ceccarelli та інші патентували різні

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

пристрої для дозування, проте виявилось, що їм не вистачає можливості точного регулювання кількості рідини, що подається. Хенсон запропонував удосконалений пристрій для вимірювання та дозування кулінарної олії, що вирішив деякі проблеми попередніх винаходів. Такас розробив точний дозатор рідини для застосування у фармацевтиці, харчовій промисловості та інших галузях, використовуючи комбінацію датчиків і контролерів для забезпечення високої точності.

Існує кілька добре відомих методів дозування рідини, серед яких дозування під тиском у часі та об'ємне дозування рідини. Метод дозування під тиском у часі передбачає використання стисненого повітря для витискання рідини з резервуара протягом певного періоду часу. Однак цей метод має обмеження, оскільки точність подачі рідини залежить від тиску, в'язкості та багатьох інших факторів. Альтернативою є об'ємне дозування, яке передбачає використання пережимних клапанів або об'ємних поршневих насосів. Об'ємні поршневі насоси забезпечують високу точність дозування незалежно від характеристик рідини, що робить їх привабливими для багатьох галузей.

Автоматизація виробництва значно розширила можливості промислових підприємств, зменшивши залежність від людської праці та забезпечивши стабільність технологічних процесів. Наприклад, у малих виробничих підприємствах ручне наповнення рідиною має низку недоліків, таких як нерівномірне наповнення, перевитрата матеріалу, нестабільність процесу та низька продуктивність. Саме тому багато компаній переходять на автоматизовані дозуючі системи, які забезпечують необхідну швидкість і точність.

На ринку представлено безліч машин для дозування рідини, кожна з яких має свої особливості. Наприклад, використання програмованих логічних контролерів (PLC) забезпечує високу надійність, але потребує складного програмування. У свою чергу, системи на основі мікроконтролерів, таких як Arduino, є більш доступними та простішими у впровадженні. Дослідники також запропонували низку інноваційних рішень, таких як інтеграція шестеренчастих

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насосів з енкодерами для забезпечення точного контролю об'ємів. Крім того, розробляються альтернативні конструкції, що включають використання ємнісних датчиків, пневматичних систем та ультразвукових сенсорів.

Інші сучасні дослідження зосереджені на використанні систем SCADA та PLC для моніторингу і управління процесами дозування. Наприклад, SCADA-системи дозволяють здійснювати дистанційне керування процесами, що значно підвищує ефективність виробництва. Крім того, вчені досліджують нові підходи, такі як застосування машинного навчання для оптимізації процесів дозування та контролю витрати рідин.

Проведені експерименти демонструють, що автоматизовані дозуючі системи забезпечують високу точність наповнення, що дозволяє значно зменшити втрати матеріалу та підвищити ефективність виробництва. Наприклад, випробування автоматичної машини для дозування інсектицидного розчину показали, що рівень заповнення пляшок знаходиться в межах допустимих значень, що дозволяє зменшити відходи і витрати виробників. Подальші дослідження спрямовані на вдосконалення конструкцій автоматизованих систем, підвищення їхньої точності та розширення можливостей для використання в різних галузях.

Таким чином, автоматизація дозування рідин є важливим напрямком розвитку сучасної промисловості. Впровадження передових технологій дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити високу якість продукції. Розвиток нових систем дозування, використання інноваційних технологій та автоматизованих методів контролю відкриває нові можливості для промисловості та сприяє її подальшому зростанню.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2. НАПРЯМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ДОЗАТОРІВ ВИХОДЯЧИ З ПРИНЦИПІВ ДОЗУВАННЯ

Зазвичай така класифікація охоплює певний клас дозаторів, який є основою для проектування в даній роботі. Важливо зазначити, що крім основних типів дозаторів, до цієї класифікації також включено комплексні системи, наприклад, автоматичні системи об'ємного дозування або дозатори, оснащені елементами контролю та управління. До таких елементів належать системи контролю величини дози, моменту завершення процесу дозування, тиску в мірній ємності тощо. Додатково до цього, сучасні автоматизовані дозатори можуть містити інтелектуальні системи контролю, які дозволяють аналізувати параметри процесу дозування в режимі реального часу. Вони можуть регулювати подачу рідини або іншої речовини на основі отриманих даних від датчиків, тим самим забезпечуючи високу точність і стабільність роботи.

При вивченні певних типів дозаторів [19, 21, 22] можуть застосовуватися різні підходи до класифікації. Зокрема, їх поділяють за принципом формування доз або за видами додаткових джерел енергії, що використовуються в процесі дозування. Наприклад, у дослідженнях [23, 26] об'ємні дозатори класифікуються залежно від джерел енергії:

1. енергія, що витрачається безпосередньо на роботу дозатора (механічна, гідравлічна, пневматична, електрична), що ілюстровано на рис. 1.2;
2. енергія, необхідна для подачі рідини (самопливом, за допомогою насоса-дозатора або системи автоматизації).

Крім цього, у класифікації можуть враховуватися такі аспекти, як рівень інтеграції дозатора в загальну виробничу систему, можливість програмного налаштування параметрів дозування, а також рівень точності контролю дозованого матеріалу. Окремо можна виділити дозатори, що використовують адаптивні алгоритми управління, які змінюють параметри роботи в залежності від умов навколишнього середовища та характеристик продукту, що дозується.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес дозування відіграє важливу роль у забезпеченні точного виконання технологічних процесів, дотримання рецептури, а також якісного та точного фасування продукції для кінцевого споживача. На підприємствах різних галузей переробної промисловості дозуванню підлягають матеріали та продукти з різними фізико-хімічними властивостями: сипучі, малов'язкі та густі рідини, пластичні, пастоподібні та тістоподібні маси. Враховуючи ці особливості, а також різні вимоги до точності дозування, застосовуються різні методи та конструкції дозуючих пристроїв. Вони відрізняються принципом дії, конструкцією робочих органів і продуктивністю [27, 28].

Також варто зазначити, що сучасні технології дозволяють створювати високоточні дозатори, які забезпечують мінімальні втрати матеріалу під час процесу дозування. Наприклад, використання цифрових систем контролю дозволяє виявляти навіть незначні відхилення у кількості поданого матеріалу та своєчасно коригувати роботу пристрою. Додатково, автоматизовані дозатори можуть бути інтегровані з іншими елементами виробничих ліній, що сприяє підвищенню загальної ефективності виробничого процесу. Розвиток програмних систем управління дозволяє не тільки автоматизувати дозувальні процеси, а й вести детальний моніторинг кожного циклу дозування, що особливо важливо для харчової та фармацевтичної промисловості.

Найбільш ефективним є застосування об'ємного дозатора. При цьому система дозування відбувається спрощено, хоча можлива похибка в розмірі доз. Основні умови позитивних результатів – забезпечити постійний напір потоку та постійні витрати при роботі мірної ємності.

В об'ємних дозаторах дозується об'єм речовини, що подається на пакування, при цьому маса може давати певні похибки.

Основні схеми об'ємних дозаторів наведені на рис.2

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

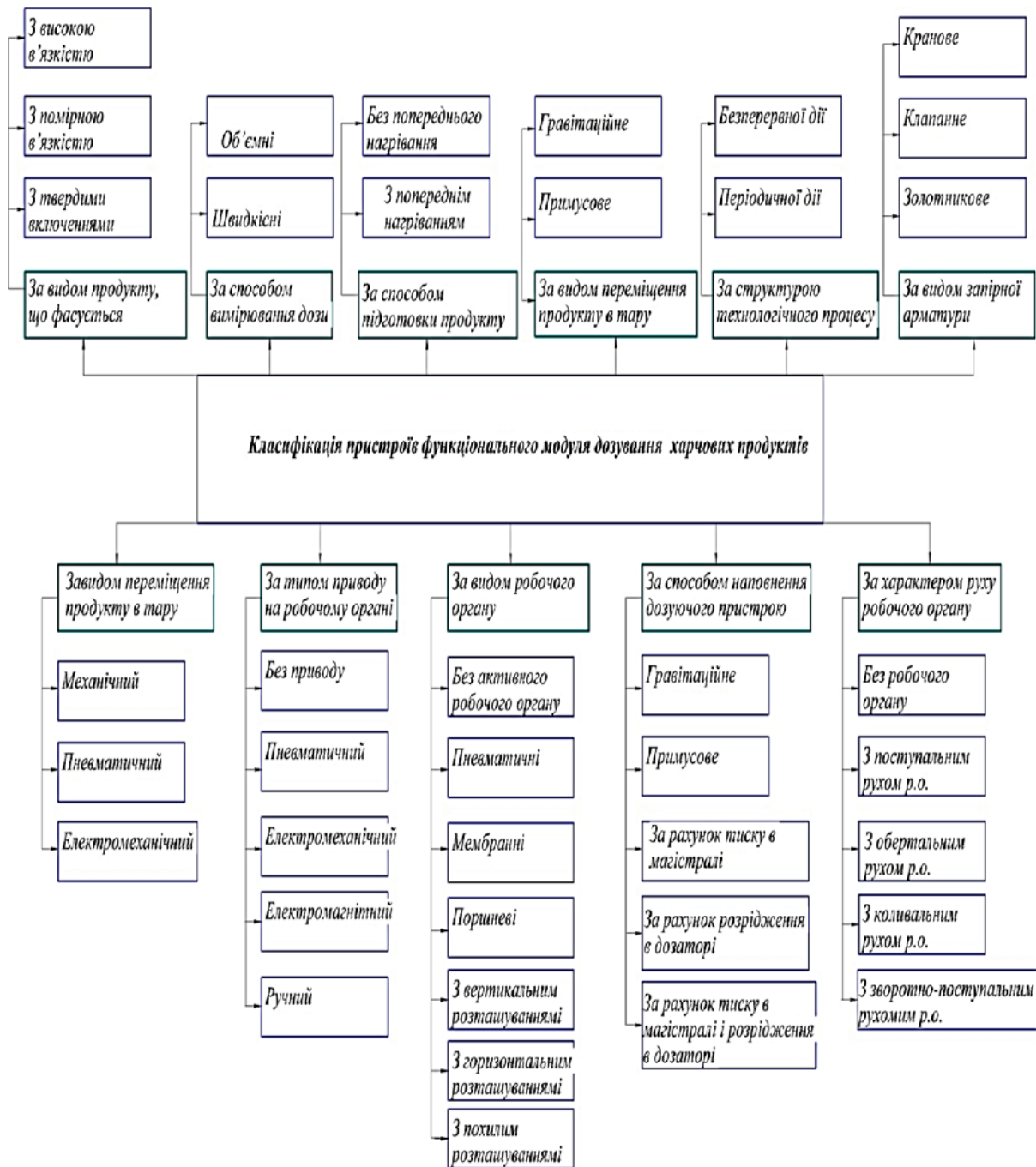


Рисунок 1 Основні напрямки класифікації дозаторів

На схемах наведені дросельний дозатор (а), в якому присутні бак, поплавок, патрубок і дросель. Барабанний дозатор включає циліндр, бак і шкребок. В поплавковому дозаторі основними органами є поплавок, рухомі і нерухомі контакти, які працюють разом з триходовим клапаном. Ковшовий дозатор (г) включає ківш і трубопровід. Дозатор фіксованого рівня (д) працює з впускаючим клапаном, бачком і регулюючим трубопроводом. Електродний дозатор (е)

процесу. Особливо важливо це для харчової, фармацевтичної та хімічної промисловості, де точність дозування визначає якість кінцевого продукту. Також варто враховувати, що різні типи дозаторів можуть бути комбіновані в єдину систему, що дає можливість ефективно обробляти різні типи матеріалів у межах одного технологічного процесу.

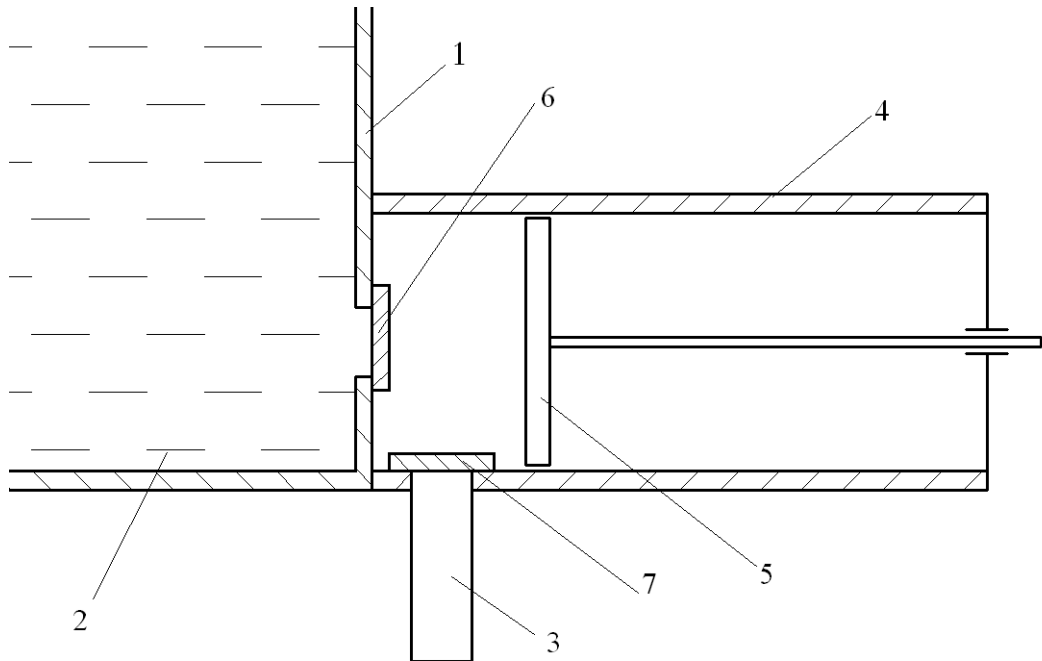


Рисунок 3 – Типова схема дозатора

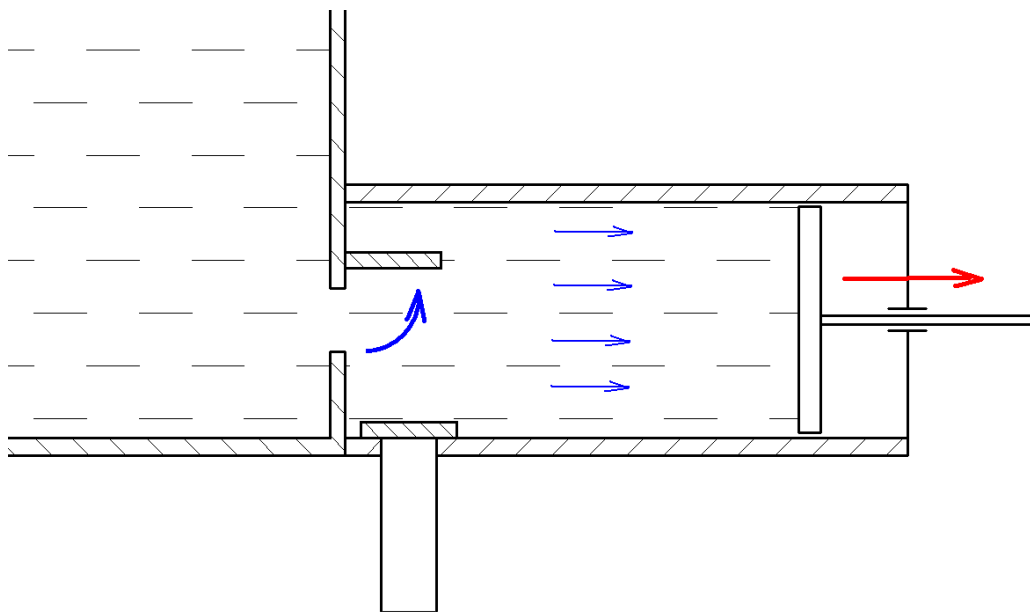


Рисунок 4 – Всмоктування рідини в камеру дозатора

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

При відкритті клапана 6 (при закритому клапані 7) поршень 5 починає рух, створюючи всмоктування сировини з бака в порожнину 4. Об'єм сировини, що потрапляє в порожнину, залежить від ходу поршня S та площі порожнини. Для круглої порожнини діаметром D цей об'єм становить:

$$D = S \frac{\pi D^2}{4}.$$

З метою забезпечення зміни об'єму дозування V хід поршня може змінюватись, відповідно регулюється об'єм дозування.

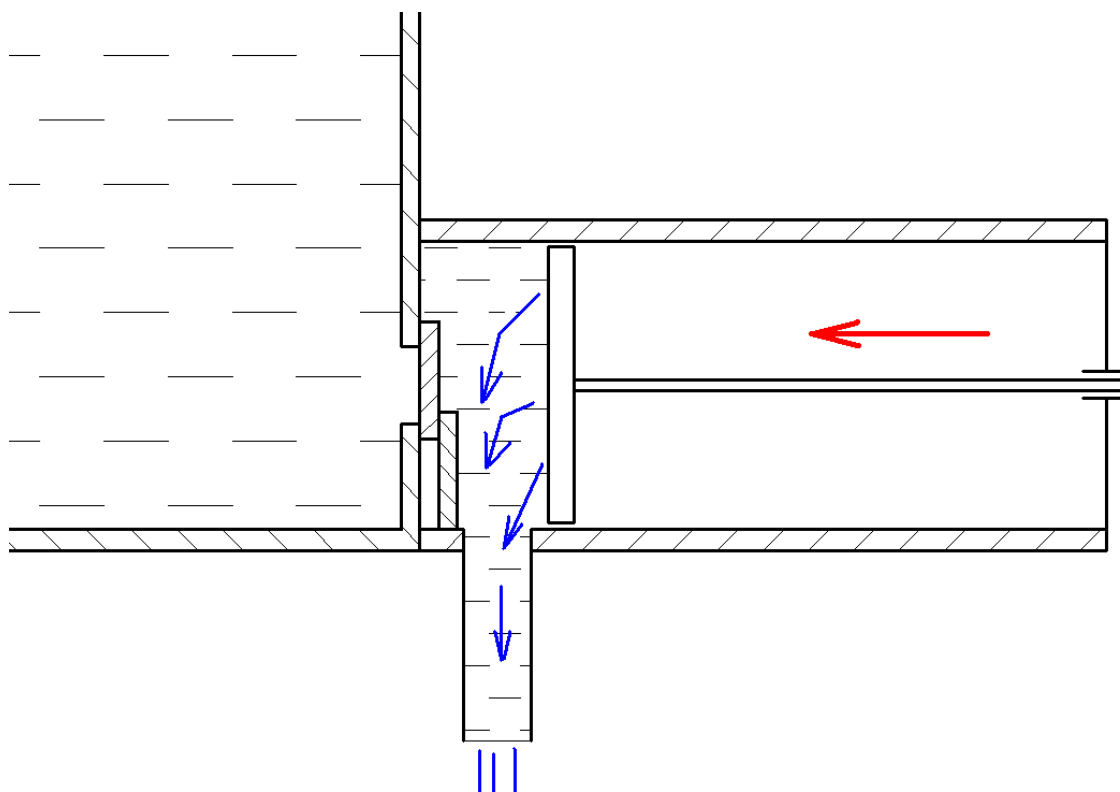


Рисунок 5–Видалення речовини з дозатору

При зворотному русі поршня клапан 6 закривається, клапан 7 – відкривається. Відповідно накопичений об'єм сировини поступає в вихідний отвір дозатору для здійснення процесу лиття.

Певні питання в цьому процесі може викликати конструкція клапанів 6 і 7. Один з можливих пристроїв з поступовим рухом клапанів без ретельного описання показаний в розділі 5.

Розглянемо систему з обертанням клапанів (рис.4-5).

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система клапанів 6-7 має вигляд циліндру *a* з Т-подібним отвором, що може повертатися в циліндричній порожнині *b*.

При зворотному русі поршня клапан 6 закривається, а клапан 7 відкривається, дозволяючи накопиченому об'єму сировини надходити до вихідного отвору дозатора для подальшого лиття.

Конструкція клапанів 6 і 7 може викликати певні питання у цьому процесі. Один із можливих механізмів з поступовим рухом клапанів без детального опису представлений у розділі 3.

Розглянемо систему з обертанням клапанів (рис. 6-7). Система клапанів 6-7 складається з циліндра *a* із Т-подібним отвором, який може обертатися в циліндричній порожнині *b*.

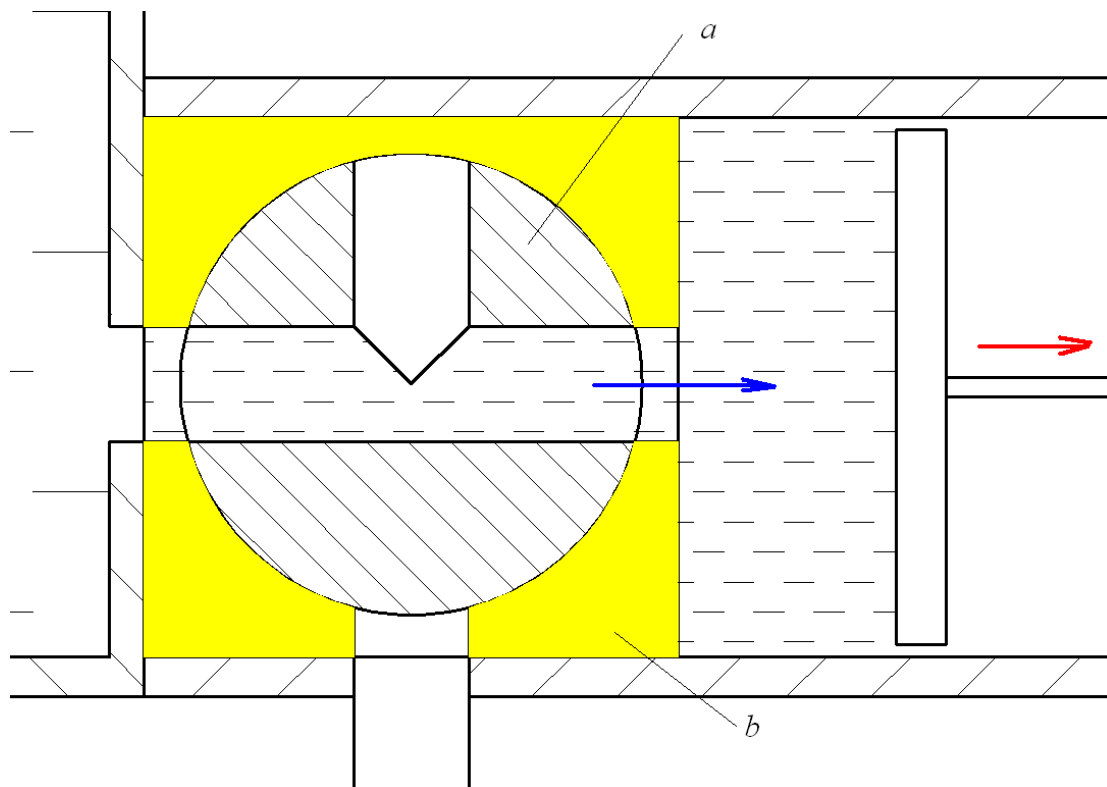


Рисунок 6 – Подача рідини в порожнину дозатора

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

В такому дозаторі речовина зберігається в великій ємності 1. При русі штока дозатора 2 ввєрх відкриваються і сполучаються отвори з великої ємності і з мірної ємності 3. При русі поршня мірної ємності в напрямку всмоктування в неї потрапляє рідина, об'єм якої визначається рухом поршня. При русі штока дозатора вниз (рис.8,б) отвір, що веде в велику ємність, закривається. При цьому відкривається отвір 4, що веде до нижньої порожнини дозатора. Поршень мірної ємності рухається в бїк видавлювання. При цьому речовина певної дози подається для пакування.

Схема роботи дозатору з прямолїнійним рухом наведена на рис.8.

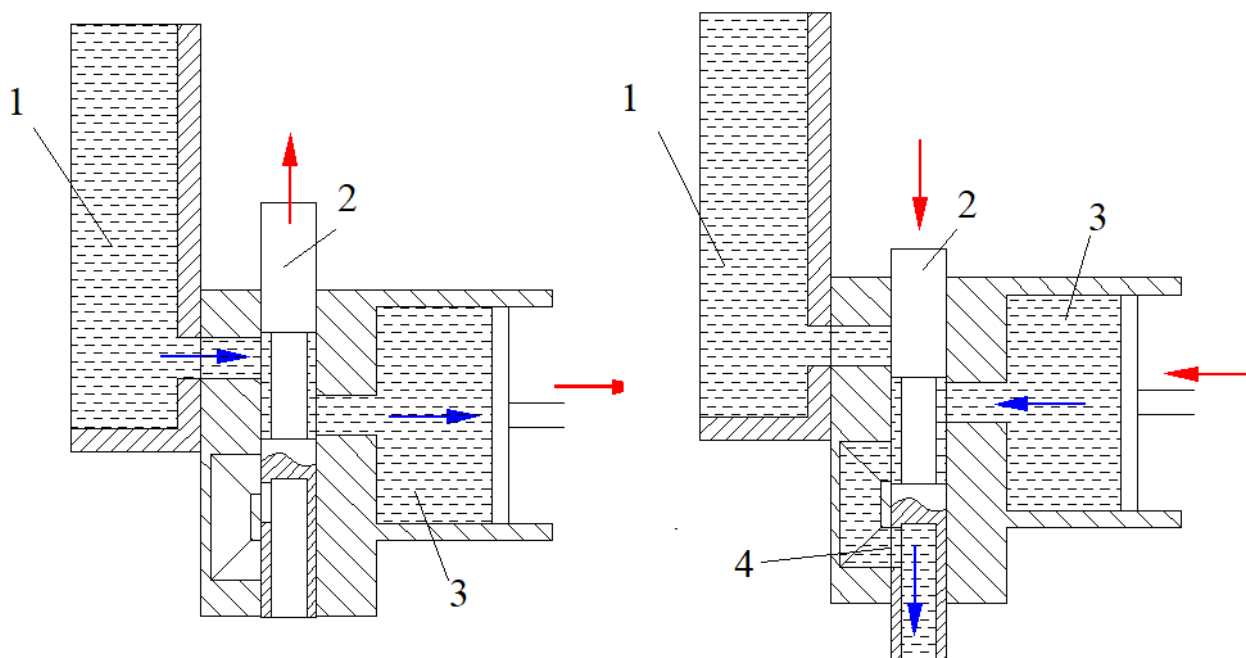


Рисунок 8 Дозатор з прямолїнійним рухом

В такому дозаторі речовина зберігається в великій ємності 1. При русі штока дозатора 2 ввєрх відкриваються і сполучаються отвори з великої ємності і з мірної ємності 3. При русі поршня мірної ємності в напрямку всмоктування в неї потрапляє рідина, об'єм якої визначається рухом поршня. При русі штока дозатора вниз (рис.8,б) отвір, що веде в велику ємність, закривається. При цьому відкривається отвір 4, що веде до нижньої порожнини дозатора. Поршень мірної

ємності рухається в бік видавлювання. При цьому речовина певної дози подається для пакування.

Отже, робота дозатора потребує керування двома приводами: один забезпечує переміщення поршня на задану величину, а інший змінює положення клапанів, відкриваючи вхід і вихід порожнини дозатора.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТИПИ ПОРЦІЙНИХ ДОЗАТОРІВ

Порційні дозатори можуть використовувати напір рідини від зовнішнього джерела, зокрема напірної ємності або джерела тиску, такого як насос. Також досліджуються дозатори з різними механізмами фіксації дози та різними джерелами енергії, що застосовуються для її формування. Зокрема, це дозатори із зовнішнім джерелом енергії, а також дозатори «прямої дії», які використовують енергію самої дозуючої рідини.

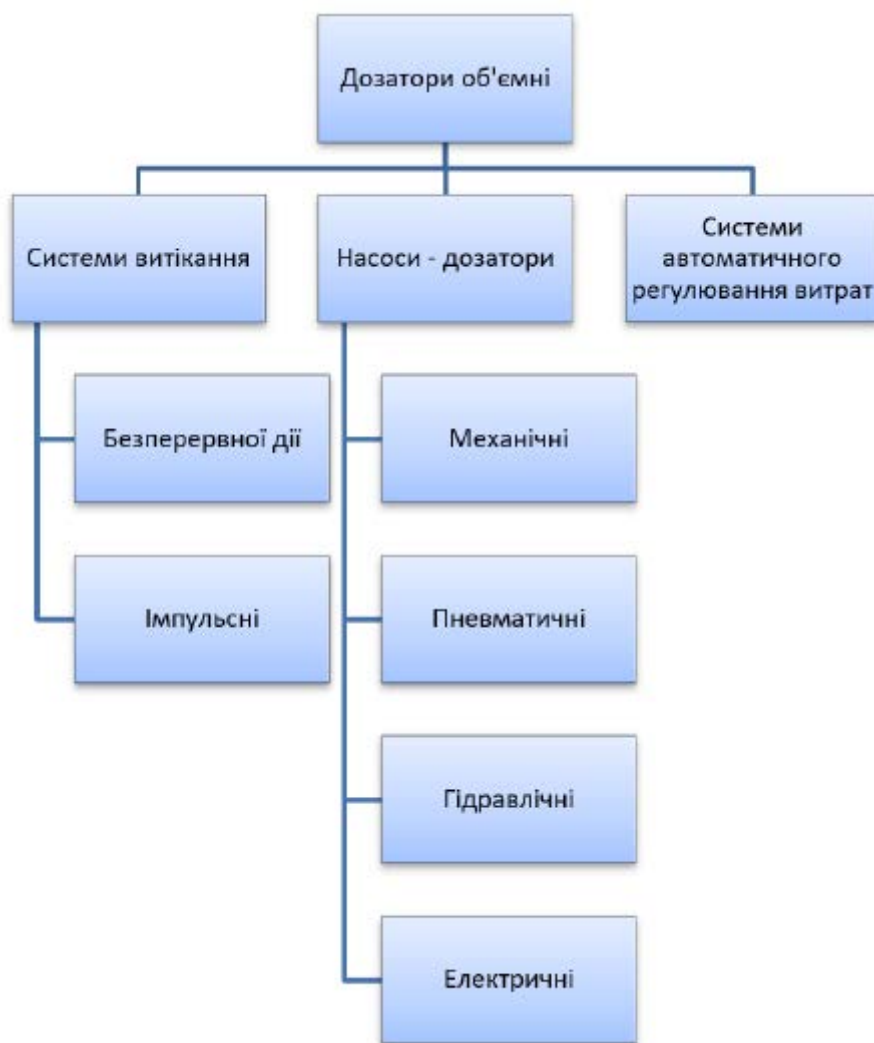


Рисунок 8 Типи об'ємних дозаторів

Існуючі класифікації дозуючих пристроїв не охоплюють повного спектра відомих типів дозаторів. Тому, для відповідності цілям даного дослідження,

виникає необхідність у розробці більш детальної класифікації фасувальних пристроїв.

На основі аналізу існуючих типів дозаторів можна визначити їх конструктивні варіанти для дозування харчових рідин і запропонувати уточнену класифікацію. Зокрема, для дозаторів, призначених для фасування рідин низької в'язкості, розроблено розширену класифікацію фасувальних пристроїв, представлену на рис. 9. До неї, окрім традиційних систем, включені також фасувальні пристрої прямої дії, що використовують енергію фасованої рідини, а також системи з пружними акумуляторами енергії.

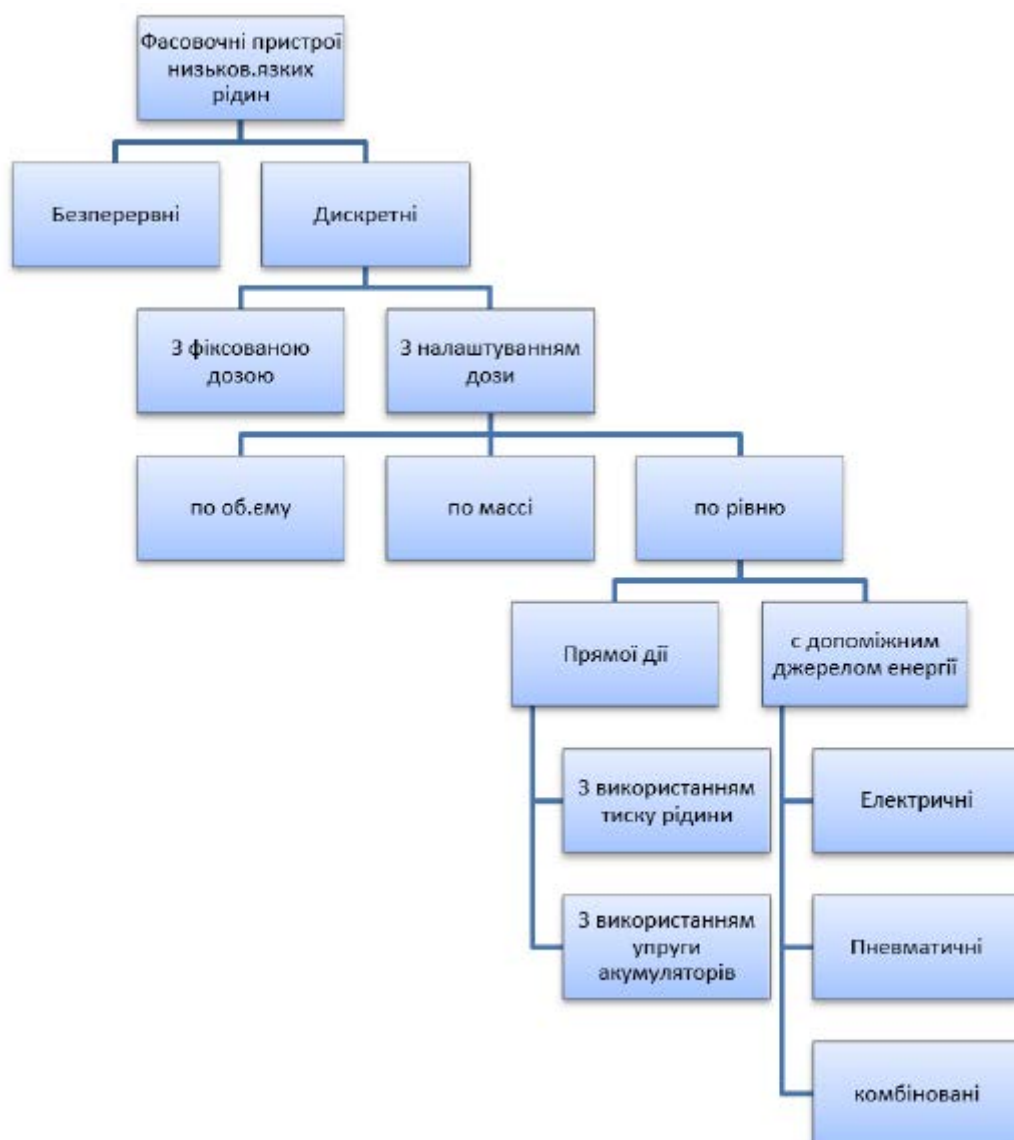


Рисунок 9 Удосконалена класифікація порційних дозаторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обладнання, що використовується у харчовому виробництві, зокрема дозатори, повинно відповідати низці вимог, серед яких ключову роль відіграють санітарно-гігієнічні стандарти. Матеріали деталей, які безпосередньо контактують із харчовими продуктами, суворо регламентуються залежно від типу продукції та технологічних умов їх використання.

Провідні виробники харчового обладнання прагнуть застосовувати високоякісні матеріали та комплектуючі не лише для робочих механізмів, а й для зовнішніх частин обладнання. Декоративні покриття та фарбувальні матеріали обираються так, щоб виключити появу небажаних летких речовин або запахів у приміщеннях харчових підприємств.

Підвищені вимоги до матеріалів та якості виготовлення обладнання обумовлені також тим, що на харчових виробництвах зазвичай працює численний персонал, а напівфабрикати контактують із повітрям приміщень. Це означає, що продукція не повинна піддаватися ризику втрати якості під час обробки.

Оскільки дозатори є ключовими елементами обладнання та мають безпосередній контакт із продуктом, вони повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати зносостійкість та можливість легкої заміни деталей;
- дозволяти періодичну перевірку стану компонентів;
- мати просту та технологічну конструкцію;
- передбачати можливість регулярної санітарної обробки (до одного разу за зміну) зовнішніх поверхонь, у тому числі із застосуванням мийних та спеціальних засобів;
- забезпечувати можливість безрозбірної миття, а за необхідності – стерилізації проточних частин спеціальними мийними засобами, дезінфікуючими препаратами або водою;
- гарантувати високу точність та надійність дозування;
- використовувати матеріали та методи обробки, що мінімізують потрапляння частинок зносу в продукт;

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечувати рівномірну подачу продукції відповідно до заданої продуктивності;
- бути безпечними в експлуатації та обслуговуванні, відповідати всім нормам безпеки та санітарно-гігієнічним вимогам.

Окремі типи дозаторів, які відіграють особливо важливу роль у технологічному процесі, окрім зазначених вимог, повинні також відповідати додатковим критеріям. Зокрема, вони мають забезпечувати можливість регулювання об'єму дози та частоти дозування, підтримувати дистанційне керування зовнішнім сигналом, а також гарантувати стабільну подачу продукту навіть за впливу зовнішніх збурень.

					<i>КРБ 0003.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

4 ОСНОВИ РОЗРАХУНКІВ ПОРЦІЙНИХ ДОЗАТОРІВ

Зазначені вище дозатори, що використовуються у харчовому виробництві, відрізняються за конструкцією, метрологічними характеристиками та можливістю застосування для конкретних умов дозування. Водночас доцільно розглянути не лише переваги й недоліки окремих конструкцій, а й загальні принципи дозування.

Розглянемо найпростішу схему подачі рідини самопливом із напірної ємності в порційний об'ємний дозатор із мірною посудиною. У відомих варіантах схема дозування набуває вигляду, показаного на рис. 10. Типова схема включає напірну ємність, з'єднану з мірною посудиною, яка обладнана щонайменше одним повітряним клапаном.

Під час наповнення мірної посудини повітря виводиться через повітряну трубку, поки рівень рідини не досягне позначки h , після чого клапан закривається. Тиск рідинного стовпа стискає повітря в мірній посудині, що призводить до зростання тиску та припинення подачі рідини – таким чином доза формується. Далі закривається затвор на лінії подачі рідини, відкривається затвор на лінії зливу, і набрана доза рідини надходить у потрібне місце.

Розглянемо основні джерела похибок під час набору дози, обмежуючись у першому наближенні лише статичним станом системи.

Варіант дозатора, показаний на рис. 10, використовує зовнішню енергію для відсічення дози. Сигналом закінчення набору служить зміна тиску в мірній посудині (якщо застосовується датчик тиску) або ж переміщення мембрани (якщо застосовується датчик положення). Спрацьовування відбувається в момент $P_c f_m = F = mg$, де: P_c – тиск спрацьовування, f_m – ефективна площа мембрани, F – зусилля спрацьовування.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

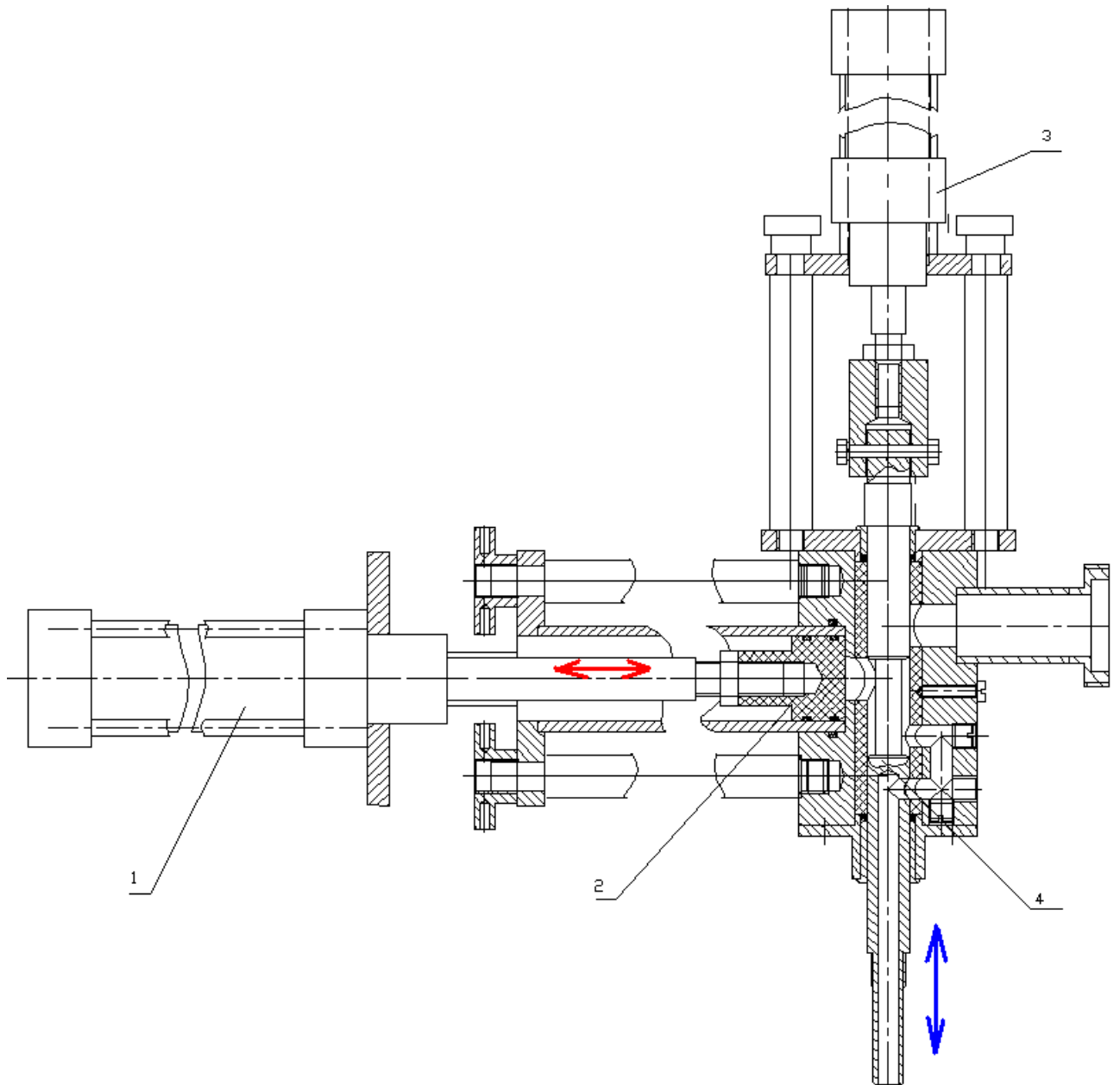


Рисунок 10 Конструктивна схема порційного дозатора

Повинно також виконуватися умова. Кількість рідини в $V_d = V_1 - \gamma(P_c)$ і при відомій площі перетину мірної посудини S об'єм повітря в ME на початку стиснення складає

$$V_0 = S(h_1 - h) = mg \frac{V_1 - V_d}{f_m P_0}$$

З наведеної формули видно, що при заданій дозі налаштування дозатора залежить від P_0 , а статична похибка виникає лише при зміні атмосферного

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиску. Це є більш сприятливим варіантом у порівнянні з попереднім випадком, де похибка також залежала від «буферного» об'єму V_0 .

Кожен цикл дозування забезпечується процесами засмоктування і видавлювання з мірної порожнини. Для зазначеної схеми відбувається її заповнення при русі поршня на відкриття і видача необхідної дози в пакувальний об'єм при цьому доза входить туди безпосередньо.

$$H_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g},$$

Надалі вважаємо $v_1 = 0$, $P_1 = P_2 = P_0$. Тоді можна визначити швидкість

потoku $v_2 = \mu_s \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$ з коефіцієнтом витрат

$\mu_s = 1 / \sqrt{1 + \frac{\lambda l}{d} + \sum \zeta}$. В рівнянні $\sum \zeta$ – сума витрат для передолання місцевих опорів. Загальні витрати рідини дорівнюють

$$Q = \mu_s f \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

де f – площа перерізу.

При заповненні мірної порожнини через насадку ємність з трубопроводом поєднуються в одну систему.

де f – переріз трубопроводу. Основні положення гідравліки доводять, що в насадці відбувається стиснення потоку. При цьому в рівнянні Бернуллі можна

отримати $v_2 = \alpha_v \sqrt{2gH}$. Витрати через насадки $Q = \alpha_v f_2 \varepsilon \sqrt{2gH}$.

Спорожнення ємності характеризується змінністю опору, оскільки рівень рідини змінюється постійно і наближується до нуля (Рис.11). Для випадку $H > H_2 > H_0$ при зниженні цього рівня час надходження рідини $d\tau$ можна визначити кількість рідини

$$dV_0 = \mu_s S \sqrt{2gH_0} d\tau$$

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому витік рідини дорівнює

$$dV_0 = \mu_s S \sqrt{2gH} d\tau$$

Загальна зміна кількості рідини

$$\mu_s S (\sqrt{2gH_0} - \sqrt{2gH}) d\tau = F dH$$

З останнього виразу можна знайти

$$d\tau = [F / \mu_s S (\sqrt{2gH_0} - \sqrt{2gH})] dH$$

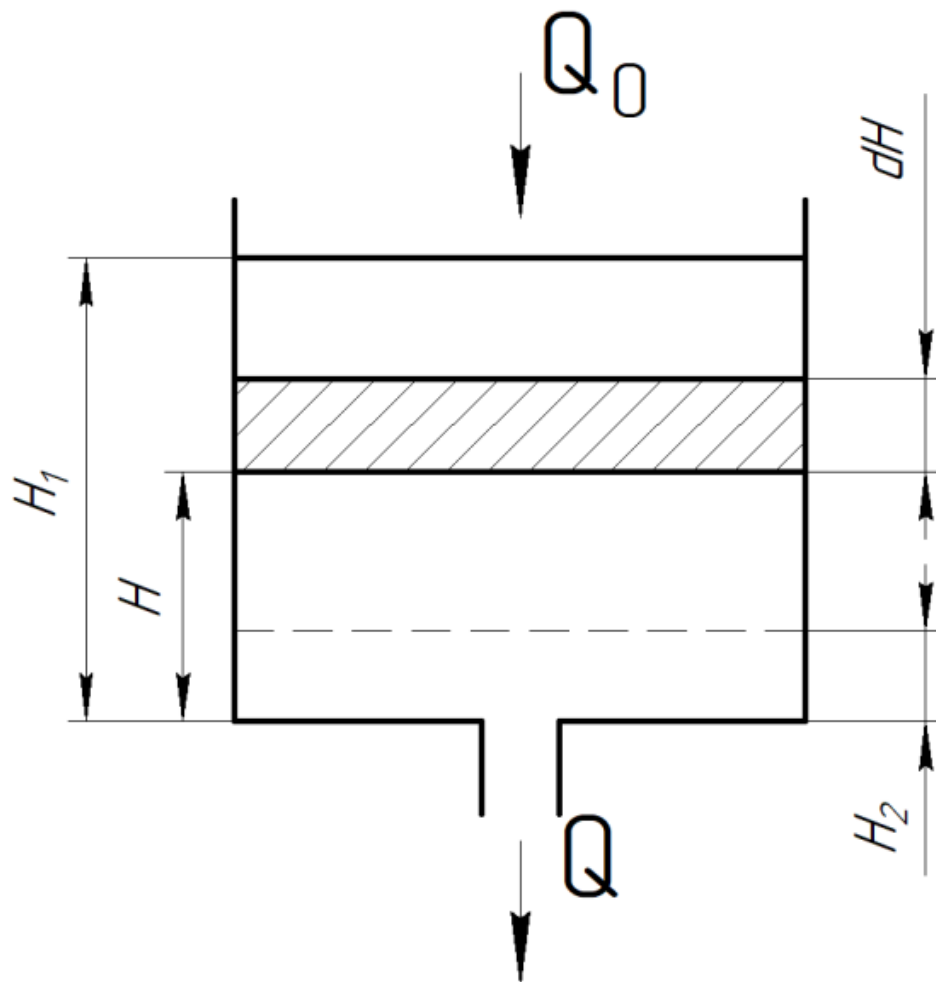


Рисунок 11 Витрата рідини з мірної ємності

Проінтегруємо останній вираз, одержуємо

$$\tau(H_1 \rightarrow H_2) = \frac{2F}{\mu_s S \sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} - \sqrt{H_0} \ln \frac{\sqrt{H_0} - \sqrt{H_2}}{\sqrt{H_0} - \sqrt{H_1}} \right)$$

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для нульової витрати

$$\tau(H_1 \rightarrow H_2) = 2F (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) / \mu_s S \sqrt{2g}$$

Повний час роботи порожнини

$$\tau(H_1 \rightarrow 0) = 2F H_1 / \mu_s S \sqrt{2gH_1}$$

Приймаємо, що початковий об'єм рідини в мірній порожнині ємності (МЄ)

становить $V_0 = FH_1$, Тоді витрати $Q = \mu_s S \sqrt{2gH}$ при $\tau = V_0/Q$ визначаються як: $\tau(H_1 \rightarrow 0) = 2\tau$. Це означає, що час випорожнення МЄ за умови змінного (спадаючого) напору вдвічі перевищує час випорожнення при постійному напорі. Отже, при розрахунку продуктивності дозатора слід враховувати не лише параметри системи подачі продукту (розмір і розташування наливної ємності), але й характеристики мірної ємності, зокрема напір рідини під час її витікання.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИВОДУ РОБОТИ ДОЗАТОРА

Можливі схеми керування рухом силового циліндру дозатору визначаються необхідністю його поступового руху. Це означає, що необхідно враховувати різні методи та технології для забезпечення ефективного та контрольованого переміщення. У процесі вибору відповідного методу важливо враховувати характеристики навантаження, швидкість переміщення та необхідну точність.

У прецизійних лінійних ступенях одним із фундаментальних компонентів є система приводу та передачі. Якщо в системі використовується лінійний двигун, немає необхідності використовувати додаткову трансмісію. Фактично, лінійний двигун безпосередньо генерує лінійний рух, що дозволяє підвищити ефективність та знизити втрати енергії. Однак у багатьох випадках використовується двигун, який створює обертовий рух. Використовуючи системи трансмісії, роторний двигун можна перетворити на лінійний рух. У наступному розділі описано різні типи систем приводу та передачі, які використовуються для цього процесу.

5.1 Гідравлічний

Гідравлічний привід використовується в умовах високого навантаження. Тиск рідини, створюваний насосом, переміщує вихідний елемент. За допомогою кінцевих вимикачів можна керувати кінцевим і початковим положеннями циліндра, як видно з рисунка 12. Для контролю положення система повинна містити систему керування та вимірювальний прилад, наприклад лінійний потенціометр. Крім того, система гідравлічного приводу потребує насоса, резервуара та випускного клапана. Це дозволяє забезпечити безперервний і стабільний рух.

Такий рух вимагається для роботи дозатору зі штоком.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

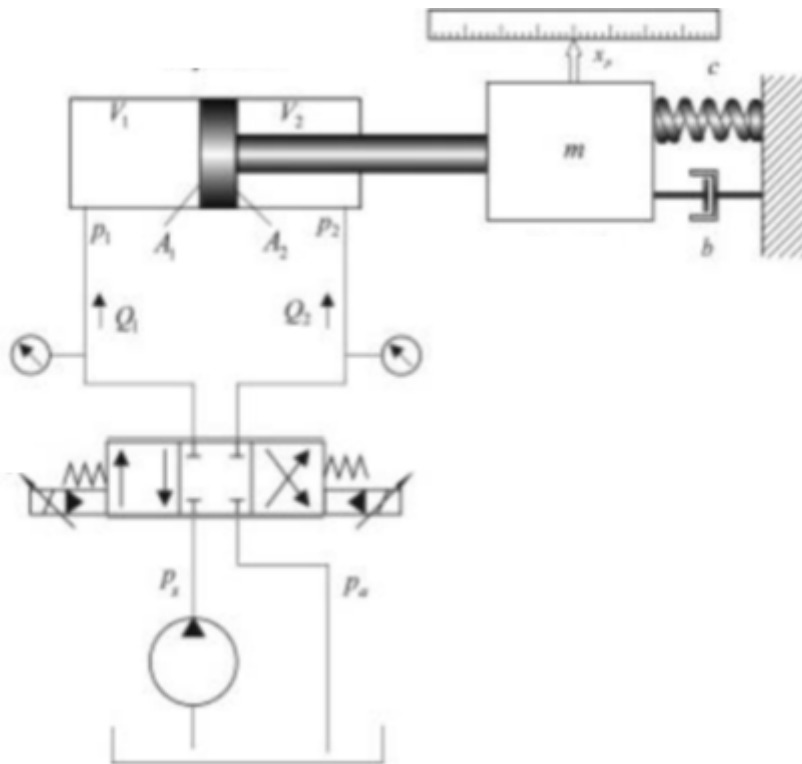


Рисунок 12 – Гідравлічний привід

5.2 Пневматичний

Принцип роботи пневматичних приводів дуже схожий на гідравлічні приводи. Основна відмінність полягає в тому, що замість рідини в пневматичних приводах використовується стиснене повітря, яке має більшу стисливість порівняно з рідинами. У порівнянні з гідравлічною системою такого ж розміру, пневматичні системи мають набагато меншу навантажувальну здатність. Крім того, витік повітря може бути проблемою, якщо немає належного ущільнення. Однак він не спричиняє забруднення, як у гідравлічних системах. Нарешті, система вимірювання та контролю повинна бути включена в систему контролю положення, що дозволяє підвищити точність роботи.

5.3 Електромагнітний двигун

Лінійні ступені можуть приводитися в дію безпосередньо електромагнітним двигуном без будь-якої системи передачі. Таким чином, помилки передачі та

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неефективність усуваються. Вони широко використовуються, коли потрібна швидка продуктивність прискорення. Одним з найважливіших недоліків лінійного підшипника є сили притягання, створювані лінійною віссю. Сили, створені в інших напрямках, ніж подача, у 10 разів більші, ніж сили, створені в напрямку подачі. Ці сили повинні сприйматися лінійними напрямними, каретками та конструкцією машини. Крім того, магнітні поля, що виникають, можуть мати руйнівний вплив на інтегровані в машину датчики та спричинити проблеми з притягуванням феромагнітних мікросхем.

5.4 Ходовий гвинт

Використовуючи ходовий гвинт у поєднанні з двигуном, обертовий рух можна перетворити на лінійний. Ефективність передачі потужності цієї комбінації менша, ніж у кулькових гвинтів. Якщо ефективність ходового гвинта менше 50%, система буде самозаблокована, і лінійна сила, що діє на ходовий гвинт, не зможе зрушити систему. Це може бути важливим фактором у випадках, коли необхідна висока точність та надійність.

5.5 Кульковий гвинт

Використовуючи цю комбінацію, обертовий рух, створений двигуном, можна перетворити на лінійний рух. Кульки, що рухаються всередині гайки, створюють контакт кочення замість ковзання. Коефіцієнт корисної дії кулькової гвинтової пари зазвичай становить понад 80%. Коли осьове навантаження наближається до попереднього, механічна ефективність кулькової гвинтової передачі зменшується зі збільшенням швидкості обертання. Витрачається менше енергії і, порівняно з ходовим гвинтом, виділяється менше тепла.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6. Рейка і шестерня в поєднанні з двигуном

Обертальний рух, створюваний двигуном, передається на рейку через шестірню. Одним із способів цього є фіксація зубчастої рейки на нерухомій пластині, що призводить до лінійного руху шестерні з двигуном. За допомогою іншого способу також можна закріпити шестерню на нерухомій плиті і змусити зубчасту рейку рухатися лінійно. Перший метод забезпечує економічно ефективно рішення для лінійного руху на великі відстані.

5.7 Ремінна передача

Коли паси використовуються для лінійного руху, вони називаються пасовими передачами і мають як низьку жорсткість, так і низьку вантажопідйомність. На відміну від плоских ременів, у зубчастих ременів немає пробуксовки. Для приводу шківів можна використовувати ремені. Двигун приводить в рух один із шківів, а інший шків з'єднаний з підшипником з іншого боку системи та вільно обертається.

5.8 Планетарний роликовий гвинт

Обертаний рух, створюваний двигуном, можна перетворити на лінійний рух за допомогою планетарного роликового гвинта. Найпоширенішими виборами є циліндричні гайки та гайки з фланцем. Завдяки спеціальній геометрії кількість точок контакту збільшується і витримує дуже великі навантаження. Це забезпечує високий рівень ефективності та довговічності системи.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

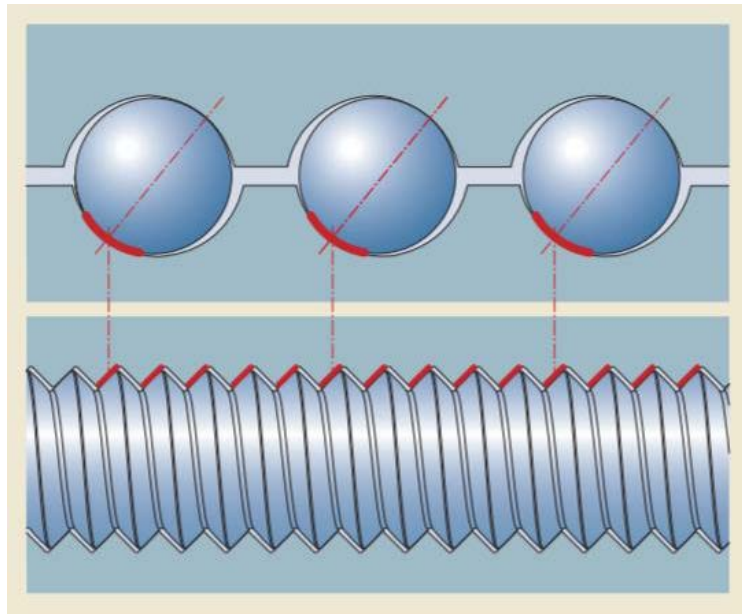


Рисунок 13 Зона контакту кулькового гвинта (вгорі) проти площі контакту планетарного роликового гвинта (внизу)

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

6 КОНСТРУЮВАННЯ ДОЗАТОРУ

Креслення дозатору наведені в додатках Б-Е.

Додаток Б демонструє конструкцію дозатора.

При цьому шток дозатора 1 може здійснювати поступовий рух у втулці 2, яка закріплена в кришці 3. Шток дозатору рухається в фігурній фторопластовій трубці 4, яка має декілька отворів. Перший отвір з'єднаний з камерою нагнітання, куди подається рідина з ємності. Другий отвір сполучається з силовим циліндром, куди подається рідина для вимірювання. Третій отвір направляє рідину в певному обсязі в кінцеву ємність для пакування. Дана трубка розташовується в корпусі дозатору 5. В корпус вгвинчується фасонний гвинт 6, який регулює напір рідини на виході. Знизу корпус закривається кришкою 7. Нижньою опорою штока дозатора слугує друга втулка 8.

Безпосереднє дозування продукту відбувається в циліндрі 9. Засмоктування речовини в циліндр відбувається за допомогою поршня 10. Хід поршня визначає об'єм речовини, що дозується. Для діаметра циліндра дозатору $D=4\text{см}$ його переріз визначається, як

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 12,57\text{см}^2.$$

При цьому заданий об'єм дозування може змінюватись в межах $V=30\text{-}150\text{см}^3$. Для таких меж хід штока поршня мірного циліндра повинен змінюватись в межах

$$L = \frac{V}{A} = \frac{4V}{\pi D^2}.$$

Для заданих мір $L=24\text{-}119\text{мм}$.

Перпендикулярне положення мірного циліндру відносно корпусу дозатору забезпечується стрижнями 11. Протилежна від корпусу сторона мірного циліндру разом зі стрижнями фіксується в кришці 12. Фіксація відбувається за

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок затягування спеціальних гайок 13. Ці гайки додатково слугують регулюванню розташування мірного циліндру.

Шток мірного циліндру рухається у втулці 14., що фіксується на корпусі дозувальної машини 15 (виходить за межі даного дослідження).

Додатковими місцями регулювання слугують регулювальний циліндр 16 з регулювальним гвинтом 17, що забезпечує рух штоку циліндра в заданому діапазоні.

Рух штока дозатора в вертикальному напрямку відбувається в напрямній 18. Ця напрямна підтримується колонками 19. З'єднання штока дозатора з силовим циліндром відбувається за допомогою втулки 20. Колонки 19 фіксуються зверху кришкою 21 і затягуються спеціальними гайками 22.

Речовина з великої ємності напівфабрикату подається в зону дозування через патрубок 23.

Рух штока дозатору, а також рух штока мірного циліндру забезпечується двома силовими пневмоциліндрами 24 і 25.

Додаткові кріпильні елементи означені числами 26-31. Елементи ущільнення означені числами 32-34.

В верхньому положенні штока дозатора відкриваються одночасно отвори патрубку 23, що веде до великої ємності з напівфабрикатом і мірного циліндру 9. Всі інші можливості руху рідини закриті. Поршень 10 рухається в мірному циліндрі ліворуч рід дією силового пневмоциліндру 24. При цьому рідина всмоктується в мірний циліндр. Об'єм речовини визначається величиною переміщення поршня ліворуч і регулюється гвинтом 17.

Після засмоктування речовини в мірний циліндр відбувається рух штока дозатора вниз. При цьому відкривається отвір в нижню частину штока дозатора через корпус дозатора 5. Отвір в мірний циліндр залишається відкритим. Отвір з патрубку 23 перекривається. В результаті виявляються пов'язані мірний циліндр з накопиченою рідиною і вихідний отвір дозатора. Поршень 10 рухається праворуч. При цьому речовина з дозованим об'ємом видаляється з мірного циліндру і подається в вихідний отвір штока дозатора.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином пропонований дозатор є механізмом з двома степенями волі, в якому виконавчі механізми (шток дозатора і поршень мірного циліндру) рухаються поступово прямолінійно в двох перпендикулярних напрямках.

Можливий загальний вигляд пакувальної машини з дозатором наведений в додатку В.

Креслення основних деталей дозатора наведено в додатках Г, Д, Е.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИСНОВКИ

Автоматизація дозування рідин є важливим напрямом розвитку сучасної промисловості, що сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів, зниженню витрат та забезпеченню високої якості кінцевої продукції. Впровадження сучасних технологій дозволяє значно покращити точність дозування, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити стабільність технологічних процесів.

Аналіз літературних джерел та існуючих конструкцій дозаторів показав, що автоматизовані системи дозування мають значні переваги перед ручними методами. Використання програмованих логічних контролерів (PLC), мікроконтролерів, інтелектуальних сенсорів та інших інноваційних рішень сприяє підвищенню продуктивності та якості дозованих матеріалів. Водночас, різні типи дозаторів, такі як об'ємні поршневі насоси, дозатори під тиском у часі, а також системи з адаптивними алгоритмами управління, мають свої переваги та можуть бути обрані залежно від специфіки виробництва.

Дослідження показало, що на ринку існує широкий вибір систем дозування, кожна з яких має свої особливості та сферу застосування. Серед найбільш ефективних рішень можна виділити поршневі дозатори, які забезпечують високу точність дозування незалежно від характеристик рідини. Використання інтелектуальних сенсорів дозволяє автоматично налаштовувати параметри дозування в режимі реального часу, що особливо важливо для фармацевтичної та харчової промисловості.

Таким чином, розвиток нових систем дозування, застосування інноваційних технологій та автоматизованих методів контролю відкриває нові можливості для промисловості. Подальше удосконалення конструкцій дозаторів, інтеграція їх у загальні виробничі лінії та впровадження сучасних методів управління дозволять підвищити точність, продуктивність та економічну ефективність виробництва.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гунько Ю. Л., Голячук С. Є., Федорусь Ю. В. Дослідження роботи дозатора рідких продуктів // Наукові нотатки. - 2022. - Вип. 74. - С. 152-155.
2. Якимчук М. В., Горчакова О. М., Токарчук С. В., Валиулін Г. Р. Дослідження впливу тиску рідкого харчового продукту на закон переміщення клапана прецензійного дозатора // Харчова промисловість. - 2018. - № 24. - С. 125-130.
3. Мельник В. І., Шерстюк В. С., Рідний Р. В. Дозатор-розподільник // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2016. - Вип. 179. - С. 21-26.
4. J. X. Liu, New developments in robotics research: Nova Publishers, 2005.
5. J. Butler, T. Elsayw, R. M. Hall, W. Atkins, and E. Hansen, "Chemical Dispensing system and method," ed: Google Patents, 2001.
A. Godschalk Jr Louis, "Device for dispensing measured quantities of liquid," ed: Google Patents, 1968.
6. F. R. Hickerson, "Liquid dispensing system." U.S. Patent No. 5,044,527. 3 Sep. 1991.
7. 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.
8. H. Awada, and K. Awada. "Reusable and accurately pre-measured liquid dispenser." U.S. Patent No. 5,584,420. 17 Dec. 1996.
9. T. R. Hanson, "Liquid measuring and dispensing device," ed: Google Patents, 2005.
10. G. W. Takacs, "Precise volume fluid dispenser," ed: Google Patents, 1996.
11. J. R. Randall Jr and D. E. Keyes, "Time Volumetric Fluid Dispensing Apparatus," ed: Google Patents, 2011.

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

12. D. Dixon, "Time pressure dispensing," White papers. Universal Instruments. http://www4.uic.com/wcms/WCMS2.nsf/index/Resources_58.html. Accessed, vol. 11, 2009.
13. P. Swanson, "Improving industrial dispensing with pneumatic dispensing valves," Intertronics, 2007.
14. Беленькій СМ., Лаврешкіна Г. П., Дульнєва Т. Н. Технологія обробки і розливу мінеральних вод. / К., Агропромиздат, 1990. - 151 с.
15. Калошин Ю.А. Технологічне обладнання олійно-жирових підприємств. / К., Academia, 2002. - 362 с.
16. Mathematical Evaluation of Food Dispersions./ *Jornal of Food Engineering*, # 15 (1992), pp. 157 - 165.
17. Meeting on Supercritical Fluids materials and natural products processing./ Perrut, M. & Surba, P., Eds., Vandoeuvre Cedex, t.1, 1998. - 412 p.
18. Metering Pump Handbook./ McCabe, R.E., Ed., N.Y., Indust. Press Corp., 1984.-280 p.
19. Slurry Handling: Design of Solid - Liquid systems./ Brown, N.P. & Heyword, N.I., Eds., Elsevier, N.Y., 1991.
20. Функціонально-модульне проектування пакувальних машин / [О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. В. Токарчук та ін.]. – Київ: Сталь, 2015. – 547 с.
21. Iakymchuk M. Scientific substantiation of combined gripping devices 24 parameters in equipment for group packaging / M. Iakymchuk, O. Gavva. // *Journal of food and packaging science, technique and technologies*. – 2014. – №3. – С. 24–27.
22. Iakymchuk M. Research of mechatronik linear module with pneumatic drive on the use of proportional pressure regulators / M. Iakymchuk, O. Gavva, A. Bepalko. // *Journal of food and packaging science, technique and technologies*. – 2014. – №3. –С. 92–97
23. Mohammed, Y.H., Namjoshi, S.N., Telaprolu, K.C. *et al.* Impact of Different Packaging Configurations on A Topical Cream Product. *Pharm Res* **41**, 2043–2056 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11095-024-03772-5>

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Felicetti, A., Paolanti, M., Pietrini, R., Mancini, A., Zingaretti, P., Frontoni, E. (2023). A Computer Vision-Based Water Level Monitoring System for Touchless and Sustainable Water Dispensing. In: Foresti, G.L., Fusiello, A., Hancock, E. (eds) Image Analysis and Processing – ICIAP 2023. ICIAP 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14233. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43148-7_37

25. Panchal, M., Panaskar, A., Kumar P. L., “PLC Based Liquid Filling and Mixing”, International Journal of Electrical and Electronics Research, 3(1): 249-253, (2015).

26. Saleh, A. L., Naeem, L. F., Mohammed, M. J., “PLC based automatic liquid filling system for different sized bottles”, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4: 58-62, (2017).

27. Sidik, M. M., Ghani, S. C., “Volume measuring system using Arduino for automatic liquid filling machine”, International Journal of Applied Engineering Research, 12: 14505-14509, (2017).

28. Рябчиков М.Л., Дейнека І.Г., Сапронова С.Ю. Розрахунок та конструювання машин легкої промисловості. - Л.: СНУ ім. В. Даля.–2010.–264 с, 2010

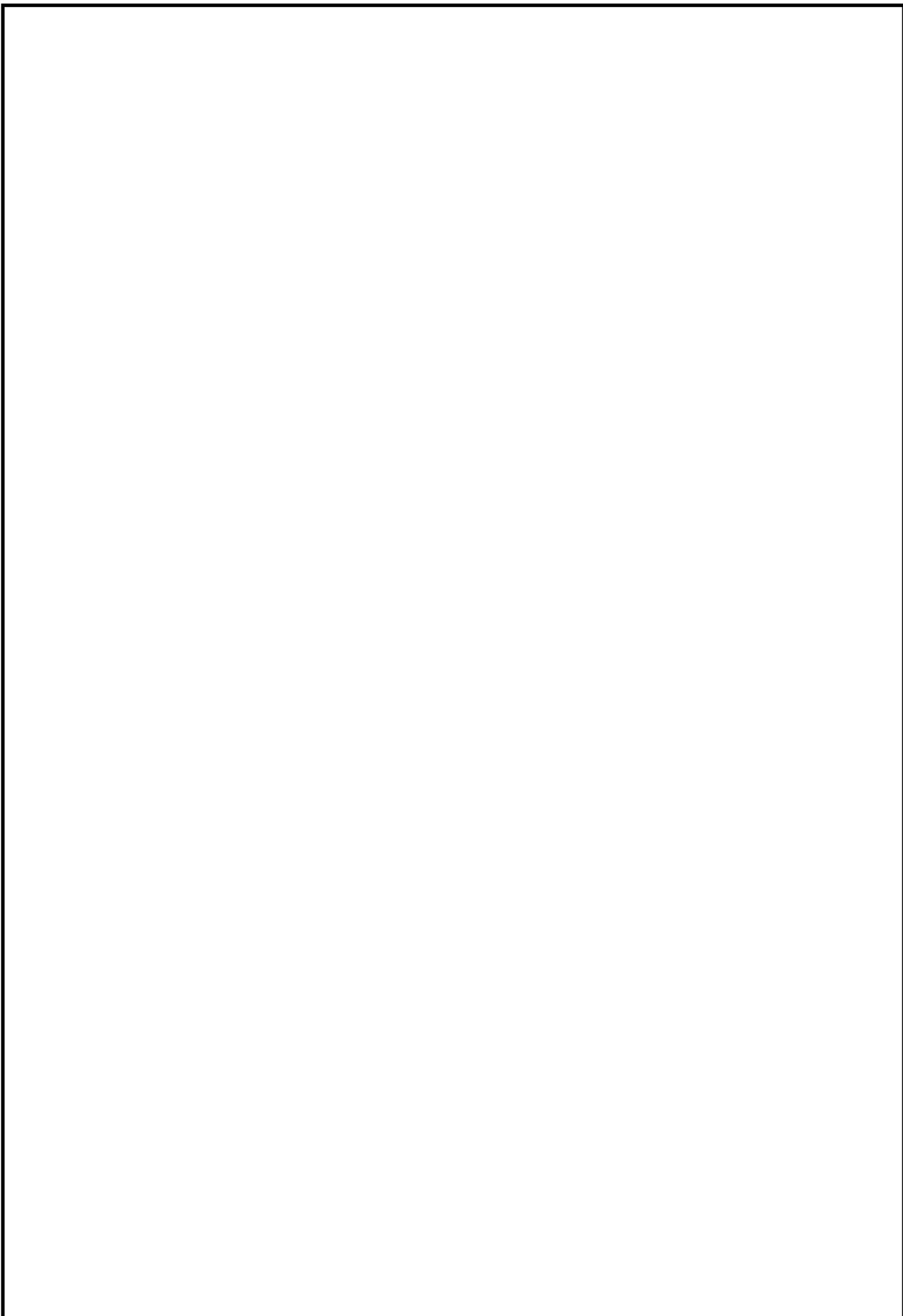
29. Рябчиков М.Л. Розрахунки на міцність у швейному виробництві - К.: Інститут системних досліджень Міністерства освіти і науки України. 96с. 1994

30. Ковтун С.І., Рябчиков М.Л. Кінетика процесу водовбирання багатошаровими текстильними композиційними матеріалами. Повідомлення 2.- Вісник Київського національного університету. -№6. -С.82-88.- 2008

31. Супрун Н. П., Рябчиков М. Л., Іванов І. О. Моделювання процесу тертя в текстильних матеріалах. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Technical Science Series. Том 144, № 2, с.45-53.<https://doi.org/10.30857/1813-6796.2020.2.4>

32. Solanki, N. A., Raj, P. G., Patel, S. P., Rajput, C. D., “Automatic liquid filling machine”, International Journal of Engineering Research and Technology, 4: 108-110, (2015).

					КРБ 0003.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					<i>КРБ 0003.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

ДОДАТКИ

					<i>КРБ 0021.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43