

### ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ДОЗУВАННЯ РІДКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Розвиток способів дозування харчової продукції безпосередньо пов'язаний із вдосконаленням технології виробництва, з підвищенням вимог до точності дозування, надійності та швидкодії дозаторів. Основними вимогами до нових зразків дозаторів є забезпечення як традиційних показників: продуктивності, економічності (мінімальної вартості), надійності, так і технологічних показників: стабілізації миттєвих або середніх витрат при заданому їх значенні; зміна витрат за заданим законом (програмно) залежно від зміни параметрів технологічного процесу або об'єкту дозування.

Будь-який спосіб регламентації витрат або формування одиничної дози може мати безліч структурних і конструктивних рішень дозаторів, які відображають специфіку технологічного процесу, властивості дозованих середовищ тощо [1].

З різноманітності відомих систем автоматичного дозування найбільш перспективними є вагові системи, інтерес до яких останнім часом значно зріс і пов'язаний з науковими здобутками в області мікро- і нанотехнологій. Класифікацію вагових систем автоматичного дозування (рис. 1), що охоплює основні області застосування дозаторів напірного і безнапірного принципу переміщення рідини, побудовано на основі технологічних вимог виробничих процесів.

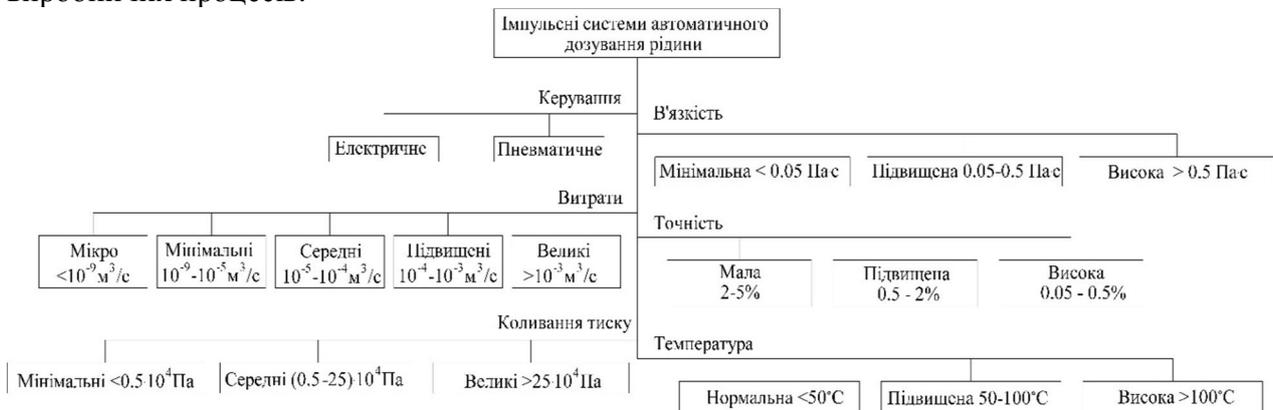


Рис. 1 - Класифікація вагових систем автоматичного дозування.

Під час дозування рідких харчових продуктів найбільш відповідальною ланкою системи вагового дозування є робочий орган, що знаходиться в безпосередньому контакті з робочим середовищем (рис. 2) [2,3].

Сучасна електронна система керування рухом робочого органа (клапана) прецизійного дозатора включає набір датчиків положення та пристрої для отримання і оброблення інформації, приводи робочих органів та допоміжні пристрої (рис. 3) [4]. Точність дозування в таких системах керування забезпечується наявністю зворотного зв'язку по масі з урахуванням швидкості потоку рідини.

Метою роботи є підвищення точності прецизійних вагових дозаторів з електро-, пневмо- та механічними системами керування, що базуються на виявленні закономірностей функціонування, і створення інструментальних засобів розрахунку керованих нестационарних режимів руху робочого органа з урахуванням фізико-механічних характеристик рідкої продукції.

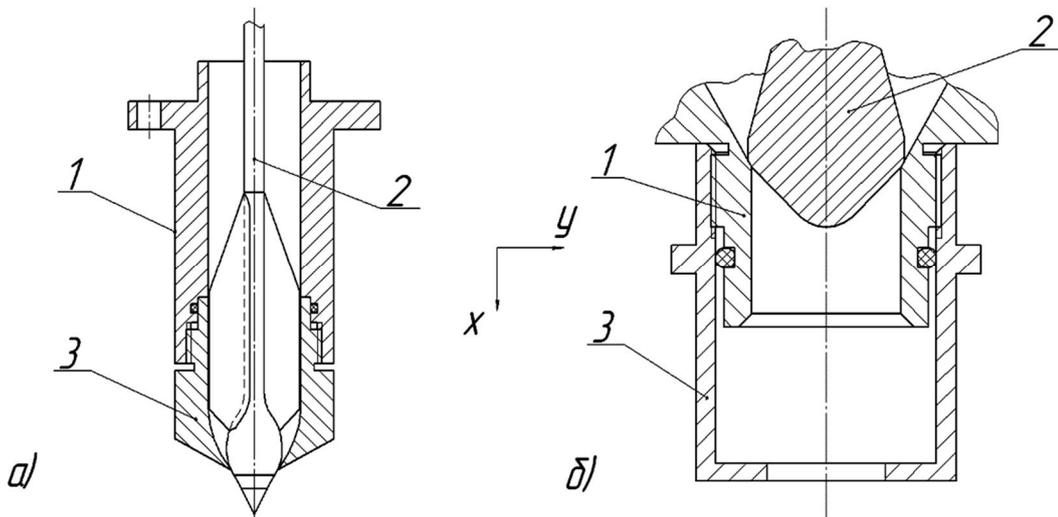


Рис. 2 - Приклад робочого органа у вагових дозаторах: а) конічна; б) циліндрична насадка: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – насадка

У роботі розглянуто моделювання динаміки руху робочого органа з електроприводом. Система диференціальних рівнянь, що описують рух виконавчого пристрою прецизійного дозатора, отримана на основі рівняння Нав'є-Стокса та Лагранжа-Максвелла [5].



Рис. 3 - Структурна схема системи управління рухом робочого органу (клапана) прецизійного дозатора

Для розробки такої моделі актуальним і важливим завданням було проведення ґрунтовного дослідження коефіцієнту витрат  $\mu$  при витіканні рідинних продуктів із насадок типових дозувальних пристроїв [6]. Одержанні значення  $\mu$  дають можливість визначити залежність пропускну здатності насадки від робочого положення.

Оскільки кожен пристрій для фасування можна розглянути як сполучення різних за формою і розмірами насадок, то буде вірним припущення, що дійсний час роботи дозатора в технологічному циклі залежить від величини коефіцієнту витрат системи зливного тракту, що характеризує пропускну спроможність каналів для рідин; від числа Рейнольдса; від

коефіцієнта кінематичної в'язкості. Залежно від конструкції фасувального пристрою насадки бувають циліндричними зовнішніми та внутрішніми; конусними, які сходяться або розходяться, сферичними тощо.

Рідина, при спрямуванні її в насадку з резервуара, вже в самому початку утворює стиснутий струмінь, який в подальшому, завдяки достатній довжині насадки, розширюється та заповнює весь переріз насадки.

При витіканні рідини через насадки у формі внутрішнього циліндричного діаметра – коротка трубка довжиною  $l = (3...4)d$ , коефіцієнт витрат зростає лінійно при збільшенні  $\delta/d$  від 0,0032 до 0,038, після чого градієнт росту його уповільнюється [7]. При  $\delta/d > 0,1$  та  $l/d = 1$  коефіцієнт  $\mu$  не залежить від  $\delta/d$ .

Досліджено, що при витіканні рідини через насадки у формі зовнішнього циліндричного діаметра за умови зміни  $104 < Re < 1,5 \cdot 10^5$  та довжини  $l/d = 1$ , коефіцієнт витрат не залежить від  $Re$ , а визначається лише відносною товщиною стінки насадки [8].

При витіканні рідини з конічних насадок, що сходяться (конфузор), максимальне значення коефіцієнту витрат спостерігається при куті конусності  $\alpha = 12 - 14^\circ$  та з ростом довжини насадки  $l/d$  коефіцієнт  $\mu$  також зростає.

Отримані результати були використані для подальшого дослідження форми клапана та визначення оптимального за швидкістю закону його переміщення.

Таким чином, запропонована математична модель руху клапана дозатора дає можливість реалізувати оптимальний закон пропускної здатності дозатора при формуванні дози ваговим способом з урахуванням фізико-механічних характеристик рідкої продукції.

Для підтвердження результатів математичного моделювання розроблена експериментальна установка.

Результати роботи можуть бути використані при розробці нового покоління вагових дозувальних пристроїв для рідкої продукції в споживчу тару.

#### Список літератури

1. *Пакувальне обладнання* : підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — К. : ІАЦ Упаковка, 2010. — 746 с.
2. *Pat. US5228604 A. Int. Cl5 B65D 3/00. Dosage dispensing device for filling machines*// Gianpietro Zanini, Carlo Corniani, Athos Rippa. – № 5228604; Eing. 7 Okt. 1991; Ver. 20 Juli 1993.
3. *Pat. US4711277 A. Int. Cl4 B65B 3/04. Filler nozzle with capillary action and its method of operation* // Robert J. Clish. – № 4711277; Eing. 23 Juli 1982; Ver. 8 Dez. 1987.
4. *Kowalczyk P. Two-parameter degenerate sliding bifurcations in Filippov systems* / P. Kowalczyk, M. Bernardo // *Physica D.* – 2005. – № 204. – С. 204–229.
5. *Мачихин Ю.А.* Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
6. *Скобельцин Ю.А.* Истечение жидкостей через насадки, отверстия, распылители, водовыпуски, капельницы: Учебное пособие / Ю.А. Скобельцин // Кубанский с-х. ин-т. – Краснодар, 1989. – 120 с.
7. *Борисенко О.А.* Исследование расходных характеристик сливных насадков разливочных устройств для пищевых жидкостей / О.А. Борисенко, Ю.Г. Борисенко, В. В. Костин // Сб. науч. трудов. Сер. Продовольствие. Сев. – Кавк. гос. техн. ун-т. – 2002. – № 5. – С. 64–66.
8. *Альтшуль А.Д.* Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселёв – М.: Стройиздат, 1965. – 276 с.