

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій
Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних
наук України
ТОВ «АККО Інтернешнл»

13-а Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція

**Тренди Lean-виробництва
та пакування харчової продукції**

Назва конференції у 2012–20 р.:
Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової
продукції – основні засади її конкурентоздатності

17 вересня 2024 р
Виставковий центр «АССО International»
Київ, Україна

Trends in Lean Food Production and Packaging: Proceedings of the 13th International Specialized Scientific and Practical Conference, September 17, 2024. Kyiv, National University of Food Technologies, 2024.

ISBN 978-966-612-302-5

© NUFT, 2024

Тренди Lean-виробництва та пакування харчової продукції: матеріали 13-ї Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 17 вересня 2024 р., м. Київ. – Київ, НУХТ, 2024. – 206 с.

ISBN 978-966-612-302-5

© НУХТ, 2024

<i>Polyushchenko I., Olynyk V.</i> Digital transformation in mechanical engineering: a case study of creating control cabinets based on 3D models.....	170
<i>Кривопляс-Володіна Л.О., Масло М.А., Запорожець О.В., Кохан А.А.</i> Практичні аспекти регулювання мехатронними модулями процесів пневмотранспортування сипких харчових продуктів.....	173
<i>Кадомський С.В., Друченко В.С., Кадомський А.С.</i> Механізм реалізації вибіркового переносу за рахунок поверхневого структуроутворення під час тертя мідних сплавів.....	176
<i>Кадомський С.В., Степанець В.В., Морфлюк-Щур В.В.</i> Візуалізація в Lean-технологіях і дизайні пакувань.....	180
<i>Кадомський С.В., Хохлова Р., Морфлюк-Щур В.В.</i> Сучасні підходи побудови графічної композиції у дизайні пакування.....	186

Практичні аспекти регулювання мехатронними модулями процесів пневмотранспортування сипких харчових продуктів

Кривопляс-Володіна Л.О., Масло М.А., Запорожець О.В., Кохан А.А.
Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

Вступ. Дослідження спрямоване на оптимізацію процесу пневматичного транспортування сипких харчових продуктів з метою усунення проблем, пов'язаних зі склепуванням та сегрегацією матеріалу. Запропоновано нову конструкцію пневматичного пристрою, яка передбачає використання мембранного імпульсного клапана для забезпечення рівномірного розподілу продукту в транспортному трубопроводі. Наукова новизна роботи полягає в розробці параметричної моделі, що дозволяє описувати кінематичні та динамічні процеси в системі, а також у створенні ефективного способу деструкції злежів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності процесів дозування та фасування сипких харчових продуктів в харчовій промисловості. Наявні методи пневмотранспортування часто супроводжуються проблемами склепування та сегрегації матеріалу, що призводить до нестабільності процесу і зниження якості кінцевого продукту. Розроблена, в рамках даного дослідження, конструкція пневматичного пристрою з мембранним імпульсним клапаном дозволяє ефективно розв'язати ці проблеми, забезпечуючи рівномірний розподіл продукту в транспортному трубопроводі. Тобто, результати дослідження мають значний потенціал для оптимізації технологічних процесів у харчовій промисловості та підвищення якості готової продукції [1-4].

Метою дослідження є розробка та впровадження інноваційного пневматичного пристрою для ефективного транспортування сипких харчових продуктів з метою усунення проблем сегрегації та когезії матеріалу. Наукова новизна роботи полягає у створенні математичної моделі багатофазного середовища та розробці системи керування процесом, що забезпечує стабільний та рівномірний потік матеріалу в транспортному трубопроводі.

Основна частина. Дослідження процесів пневмотранспортування дрібнодисперсних харчових продуктів здійснювався з використанням комплексного підходу, із поєднанням теоретичних та експериментальних методів. Під час моделювання процесу застосовано апарат математичної фізики, зокрема, рівняння гідродинаміки багатофазних середовищ та теорії диференціальних рівнянь. Експериментальна частина дослідження базувалася на власно розробленій установці (рис.1), яка поєднувала вивчення поведінки частинок продукту в умовах, наближених до промислових та можливість корегування режимів керування пневмомережею в умовах реального часу.

У вертикальній трубі рух дисперсного середовища характеризується двома зонами: l_1 – ділянкою прискореного руху, де концентрація частинок знижується від основи до вершини, та l_2 – ділянкою стаціонарного руху, де швидкість і концентрація частинок є сталими. Відповідно до [2], об'ємна концентрація твердих частинок у потоці β коливається в межах від 0,01 до 0,04 (до 4%). Для регулювання потоку стисненого повітря в системі обрано контур керування зі зворотним зв'язком за струмом (4..20 мА), що дозволяє змінювати керуючий сигнал в діапазоні 0..5 с. Система керування (рис.1) включає пневмоавтоматичні компоненти: драйвери серії 130 для керування пропорційними розподільниками AP (2/2), електронний датчик/реле тиску серії SWCN та бустер 40M2L100A120MC02. ШІМ-сигнал, що генерується драйвером у замкнутому контурі регулювання струму 4..20 мА, забезпечує частоту модуляції до 500 Гц на котушці соленоїда електромагнітного клапана, який регулює подачу стисненого повітря в систему вертикального каналу.

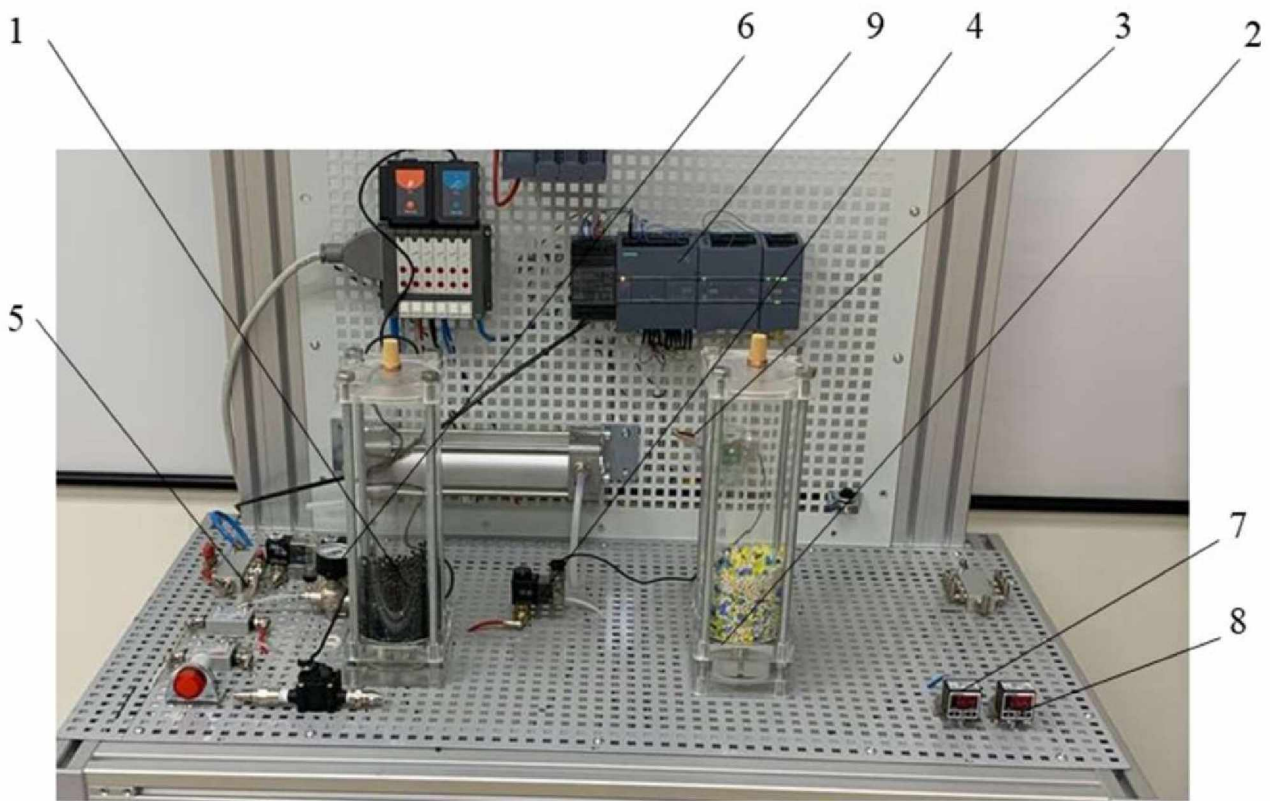


Рисунок 1. Загальний вид експериментальної установки

Можливість встановлення змінних режимів підведення стисненого повітря, а також корегування в режимі реального часу в експериментальному стенді реалізовано за рахунок пристрою формування ШІМ-сигналу (рис.2), для можливості прямого управління пропорційними розподільниками за допомогою типових аналогових сигналів.

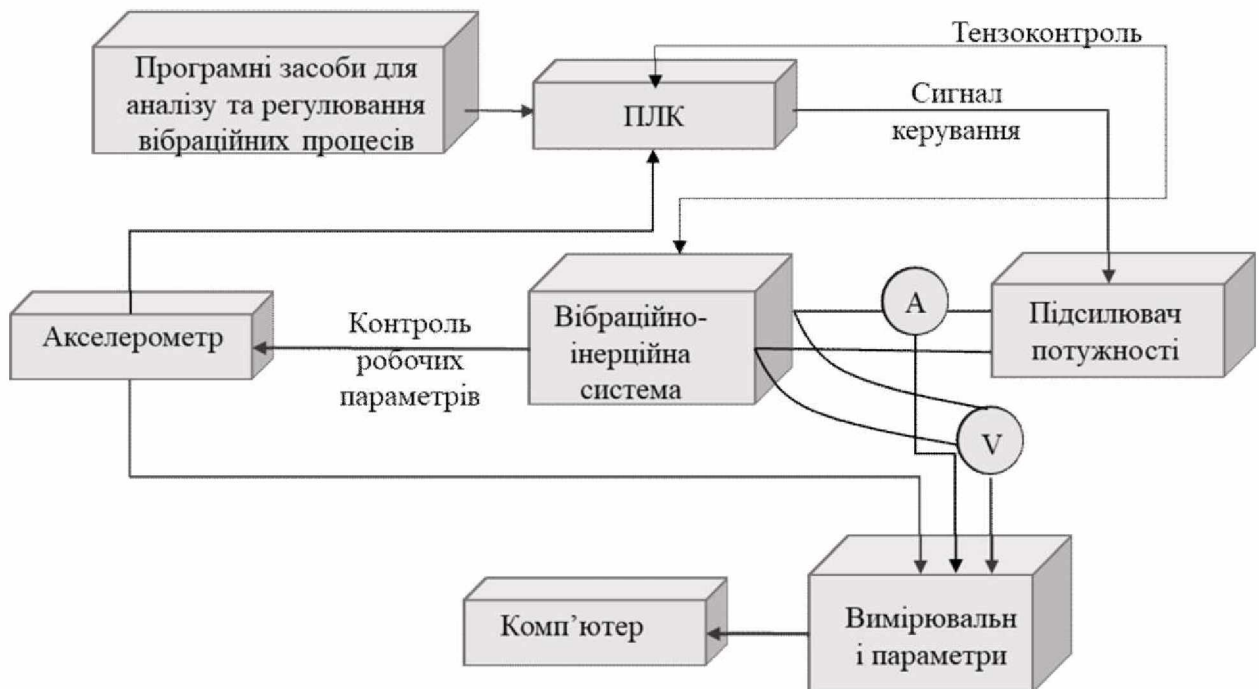


Рисунок 2. Структурна схема керування експериментальною установкою

Електронний пристрій управління пропорційними клапанами Серії 130 дозволяє керувати будь-яким електромагнітним клапаном при максимальному струмі до 1А, зокрема серією AP 2/2.

Висновки

Проведене дослідження було спрямоване на аналіз впливу параметрів пневмотранспорту на поведінку дрібнодисперсних продуктів у вертикальному каналі. Результати дослідження показали, що характер руху частинок у каналі значною мірою залежить від режиму подачі стисненого повітря, геометричних параметрів каналу та властивостей самого продукту.

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що зміна тиску та частоти імпульсів стисненого повітря суттєво впливає на швидкість і характер руху частинок. Зокрема, було встановлено, що оптимальний режим транспортування для досліджуваних продуктів досягається при тиску в діапазоні 1,7-2,5 бар та частоті імпульсів 0,1-1,3 Гц. При таких параметрах спостерігається максимальна кількість активних частинок та стабільний процес транспортування. Розроблена математична модель дозволяє описати процес руху частинок у каналі з урахуванням їх взаємодії зі стінками та між собою. Модель передбачає можливість розрахунку траєкторій руху частинок та визначення оптимальних параметрів процесу. Порівняння результатів моделювання з експериментальними даними показало адекватність розробленої моделі.

Отримані результати мають важливе практичне значення для оптимізації процесів пневмотранспортування в харчовій промисловості та інших галузях. Зокрема, вони дозволяють: зменшити енергоспоживання за рахунок вибору оптимальних режимів роботи; підвищити ефективність транспортування шляхом зменшення втрат продукту та зносу обладнання; розробити нові конструкції пневмотранспортних систем, адаптовані до конкретних продуктів та умов експлуатації. Перспективними напрямками подальших досліджень є: детальне дослідження впливу різних форм частинок на процес транспортування; розробка методів контролю та управління процесом пневмотранспортування в реальному часі за допомогою сучасних сенсорних систем і алгоритмів керування; дослідження можливості використання альтернативних робочих тіл (наприклад, газів з іншими властивостями) для підвищення ефективності процесу. Запропонований підхід до дослідження процесу пневмотранспортування може бути використаний для оптимізації технологічних процесів в різних галузях промисловості, що потребують транспортування сипких матеріалів.

Література

1. Nghia Le Van, Kussyak V. A., Nguyen T. H. (2017) The Research on Threshold Values Determination of One Parameter Feedback in the Automated Friction Clutch Control Circuit for Truck Start-Up Process. Paper from the 10th National Conference on Mechanical Engineering, 8–9 Decem., Le Quy Don Technical University and Vietnam Association of Mechanic, Hanoi, Vietnam. Hanoi, LQDTU, 25–32.
2. Lee H.-W., Oh J.-S., Jung G.-H. (2000) A Study on Full Electronic Control of Automatic Transmission: Direct Active Shift Control. F2000A101: Materials of FISITA World Automotive Congress, Seoul, Korea, 1–6.
3. KryvoplyasVolodina, L. Gavva O., Volodin, S. Hnativ T. (2018) Dynamics of mechatronic function modules drives of flow technological lines in food production. - Ukrainian Journal of Food Science.- Kyiv.- Ukrainian Food Journal, Volume 7, Issue 4 p.660-669. DOI: 10.24263/2304- 974X-2018-7-4-16. URL: <https://nuft.edu.ua/doi/doc/ufj/2018/4/16.pdf>
4. Martens, M.; Boblan, I. Modeling the static force of a Festo pneumatic muscle actuator: A new approach and a comparison to existing models. Actuators 2017, 6, 33. <https://doi.org/10.3390/act6040033>
5. Lunze, J. Regelungstechnik 1; Springer Vieweg: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; Volume 11. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-52678-1>