

TESTING LINEAR MECHATRONIC MODULE WITH PNEUMATIC MOTION BASED ON THE USE OF PROPORTIONAL PRESSURE REGULATOR

M. Iakymchuk, S. Myronenko

National University of food technologies

Key words:

Bulk packing
Effort
Mehatronnij module
Pressure regulator

Article history:

Received 29.10.2013
Received in revised
form 20.12.2013
Accepted 25.12.2013

Corresponding author:

mykolaiaakymchuk@mail.ua

ABSTRACT

The article discusses the possibility of using the mehatronnogo module of the linear moving of actuator based on the use of proportional pressure regulators in the equipment for bulk packaging. Developed mathematical model allowed to determine basic kinematic and dynamic parameters of structures taking into account the physico-mechanical properties of packaging materials. Made experimental setup mehatronnogo module and conducted research confirmed the opportunity to provide the search efforts of the packaging in the vertical plane. Use in the control system of the observer model allowed to ensure the stability of its work to implement the traffic parameters defined with great precision. The obtained results can be used to develop new designs equipment for bulk packaging.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ З ПНЕВМОПРИВОДОМ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОПОРЦІЙНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ТИСКУ

М.В. Якимчук, С.М. Мироненко

Національний університет харчових технологій

У статті розглядається можливість використання мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання пропорційних регуляторів тиску в обладнанні для групового пакування. Розроблена математична модель дозволила визначити основні кінематичні та динамічні параметри таких конструкцій з урахуванням фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів. Виготовлена експериментальна установка мехатронного модуля та проведені дослідження підтвердили можливість забезпечення заданого зусилля утримання упаковок у вертикальній площині. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій обладнання для групового пакування.

Ключеві слова: групова упаковка, зусилля утримання, мехатронний модуль, регулятор тиску.

Вступ. Обладнання для групового пакування відповідно до технологічного процесу утворення групової упаковки можна розділити на дві групи [1]. Кожна група характеризується траєкторією поопераційного руху споживчої упаковки або сформованих структурних одиниць групової упаковки. Передбачається, що перша група обладнання забезпечує переміщення групової упаковки без відриву від поверхні переміщення, а друга з відривом.

Мета досліджень. Аналіз технологічних операцій обладнання кожної групи показує використання в них механізмів піднімання та опускання. Найбільш складним місцем при роботі таких механізмів є забезпечення великого статичного зусилля утримання упаковок після зупинки вихідної ланки в заданій координаті. Одним із запропонованих варіантів рішення даної задачі може бути використання нового мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі пропорційних регуляторів тиску.

Методика досліджень. Принципова схема мехатронного модуля показана на рис. 1 і складається з безштокового пневмоциліндра 1 та двох пропорційних регуляторів тиску 2, кожний з яких підключений до вхідного та вихідного каналів пневмоциліндра та двох датчиків тисків, які забезпечують зворотний зв'язок по зусиллю. Пропорційні регулятори тиску служать для перетворення регулюючого вхідного електричного сигналу U_y , у вихідний пневматичний зі змінним значенням тиску повітря. Основним елементом в конструкції таких пристроїв є запірний клапан, який переміщається під дією магнітного поля та здатний змінювати поперечний переріз прохідного каналу для подачі стисненого повітря. Величина відкриття каналу представляється значенням ефективної площі f_e [2].

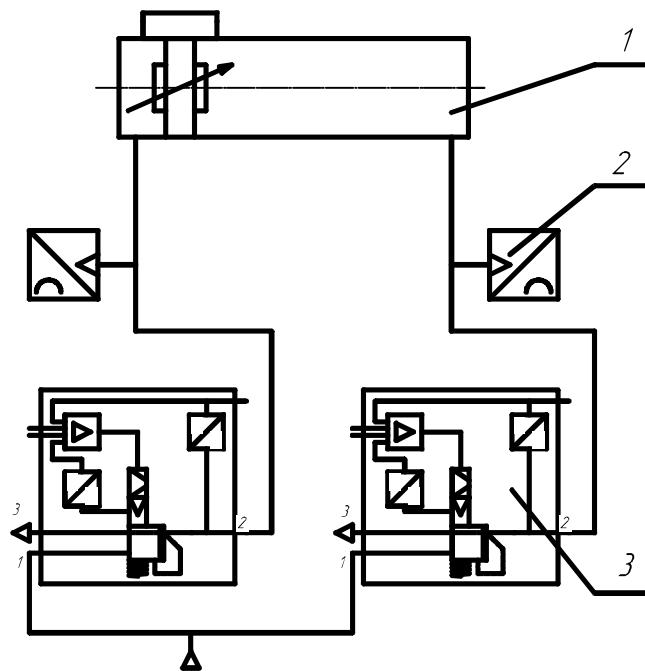


Рис.1. Принципова схема мехатронного модуля з пропорційними регуляторами тиску

Враховуючи, що вхідний електричний сигнал завжди є позитивний і змінюється в межах від 0 до 10 В, а робота пропорційних регуляторів тиску механічно між собою не пов'язана, то для реалізації закону руху необхідно синхронізувати зміни миттєвих ефективних площ порожнини наповнення f_e^+ та вихлопу f_e^- .

Одним із можливих варіантів синхронізації площ f_e^+ та f_e^- може бути контроль тисків повітря в порожнинах пневмоциліндра у вигляді $P_+ \neq P_-$ при $f_e^+ \neq f_e^-$. Величина тиску повітря в порожнині пневмоциліндра залежить від значення вхідного електричного сигналу U_y з урахуванням характеристики його перетворення визначається як [2]

$$f_e^i = k_{cm} \cdot k_y \cdot U_y^i \quad (1)$$

де k_{cm} — коефіцієнт пропорційності; k_y — коефіцієнт підсилення.

Встановлено [3], що при роботі системи керування швидкодія сприймання керуючого сигналу регулятором тиску набагато більша за швидкодю сприймання пневматичного сигналу пневмоциліндром. Тому час перемикання регулятора порівняно з часом зміни тиску повітря в пневмоциліндрі будемо надалі вважати малим (миттєвим), а характеристику перемикання — статичною.

Статичну характеристику регулятора можна представити залежністю зміни тиску P_i від величини вхідного сигналу U_y . Якщо в системі керування пневмоциліндром використовується одночасно два взаємозв'язаних регулятора тиску то статичну характеристику їх роботи як функцію залежності зміни тисків в поршневій та штоковій порожнинах пневмоциліндра від вхідного керуючого електричного сигналу можна представити у вигляді рис. 2, б.

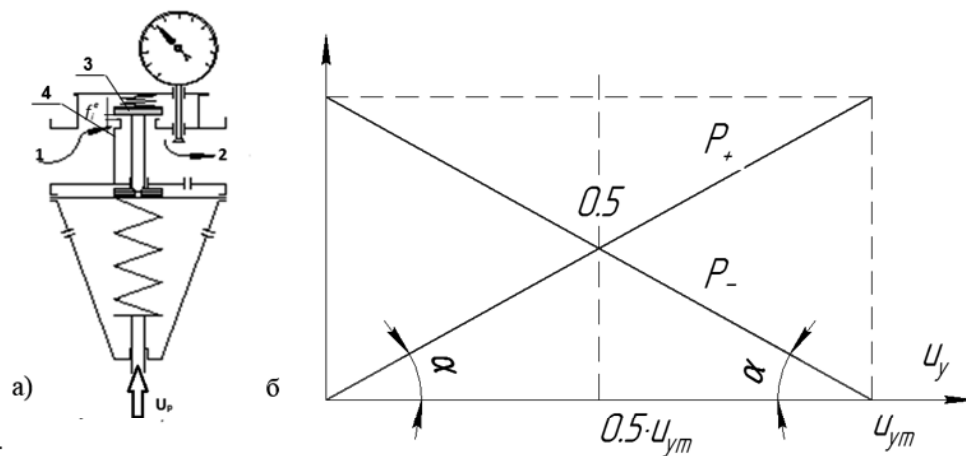


Рис. 2. Характеристика пропорційного регулятора тиску а) схема розташування запірного клапана відносно каналів корпусу: 1 — магістраль живлення; 2 — вихідний канал; 3 — запірний клапан; 4 — корпус; б) статистична характеристика роботи двох взаємозв'язаних регуляторів тиску

Керуючий сигнал представлений у вигляді зміни напруги в межах $U_y = [0 \dots + U_{ym}]$. Побудований графік дозволяє визначити режим роботи регуляторів тиску та описати керуючий сигнал для кожного із них:

— для порожнини наповнення повітря в пневмоциліндр

$$P_+ = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{y1} = U_{ym}; \\ k_{cm} \cdot U_{y1} & \text{при } 0 \leq U_{y1} \leq U_{ym}; \\ 0 & \text{при } U_{y1} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

— для порожнини виходу повітря з пневмоциліндра

$$P_- = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{y2} = 0; \\ U_{y2} = 1 - (k_{cm} \cdot U_{y1}) & \text{при } 0 \leq U_{y2} \leq U_{ym}; \\ 0 & \text{при } U_{y2} = U_{ym} \end{cases} \quad (3)$$

Одночасна реалізація рівнянь (2) і (3) характеризують роботу системи керування

пневмоциліндром в режимі позиціонування. Так на початку руху штоку пневмоциліндра сигнал керування для кожного регулятора тиску має рівень напруги $U_{y1} = U_{ym}; U_{y2} = 0$, що забезпечує значення тисків $P_+ = 1; P_- = 0$ та характеризує початок етапу розгону. Перехід на сталий рух характеризується зменшенням величини задаючого сигналу в межах $0 \leq U_{yi} \leq U_{ym}$. Етап гальмування та позиціонування характеризується суттєвим збільшенням величини керуючого сигналу в порожнині вихлопу $U_{y1} = 0; U_{y2} = 1$ та появою гальмівної сили шляхом збільшення тиску в штоковій порожнині циліндра $P_+ = 0; P_- = 1$. Подальше одночасне відкриття каналів до рівня $f_e^+ = f_e^- = 1$ призводить до зупинки штока в заданій позиції.

Для перевірки адекватності запропонованої моделі керування мехатронним модулем

лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання пропорційних регуляторів тиску була розроблена та виготовлена експериментальна установка рис. 3. Елементна база виконавчого блоку та системи керування була підібрана за результатами розрахунків математичних моделей, отриманих висновків та рекомендацій і складалася з стандартних промислових елементів пневматики компанії «Фесто».

Результати дослідження вертикально розташованого мехатронного модуля під час операцій піднімання та опускання проміжних елементів групової упаковки представлені у вигляді графіків рис. 4 та рис. 5.

Порівнявши характеристики операцій піднімання та опускання за однакових початкових умов можна зробити висновки, що система керування з великою точністю відтворює часові характеристики споріднених етапів при реалізації заданого закону руху. Встановлено, що середня похибка по часу виконання етапів становить 0,5 %, а загальний час переміщення є незмінним.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Запропонована нова структура мехатронного модуля з пневмоприводом для лінійного переміщення надійно забезпечує виконання технологічних операцій піднімання та опускання в обладнанні групового пакування.

2. Встановлено, що використання двох регуляторів тиску з пропорційним керуванням дозволило забезпечити велике статичне зусилля утримання зведеної маси в точці позиціонування.

3. Аналіз результатів експериментальних досліджень по реалізації заданого закону руху та точності позиціонування при різних режимах роботи показав стабільність роботи мехатронного модуля та системи його керування. Розроблений алгоритм роботи забезпечив можливість регулювання статичного зусилля утримання.

4. Встановлено, що запропонована конструкція мехатронного модуля компенсує вплив зовнішніх статичних сил на зведену масу в позиції вистою, та запобігає зміщенню її координати позиціонування.

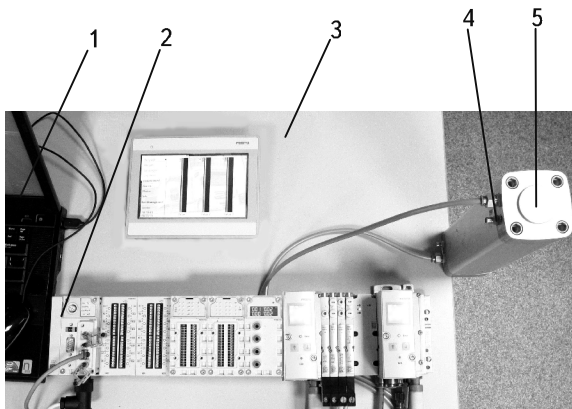


Рис. 3. Експериментальна установка мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання регуляторів тиску з пропорційним керуванням: 1 — Програмне забезпечення для роботи системи керування; 2 — контролер нижчого рівня; 3 — панель оператора для візуалізації даних кінематичних характеристик процесу; 4 — два регулятора тиску з пропорційним керуванням; 5 — датчики зворотного зв'язку; 6 — пневмоциліндр двосторонньої дії

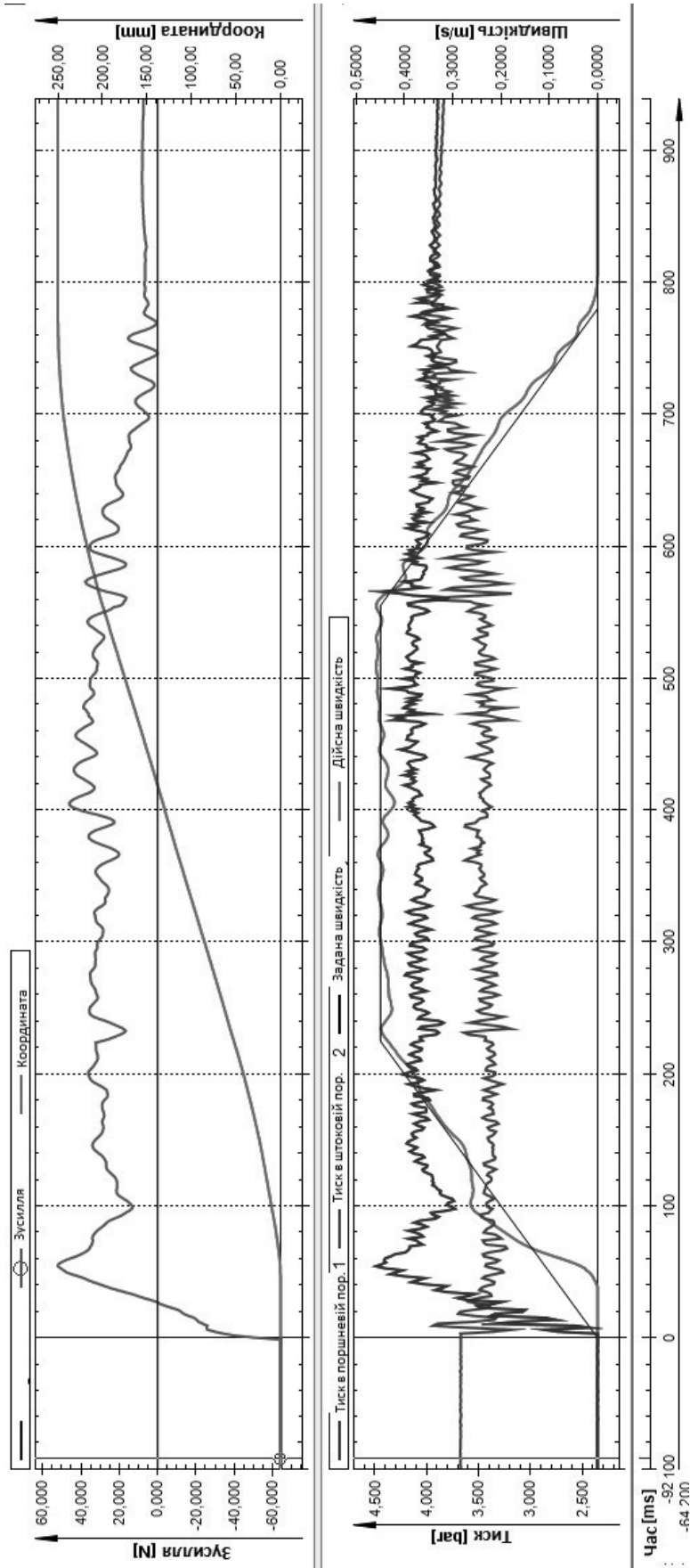


Рис. 4. Кінематичні та динамічні характеристики операції опускання упаковок вертикально розташованим мехатронним модулем з пневмоприводом при початкових параметрах: зведена маса $m = 5$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 250$ мм (при максимальному ході 300 мм); магістральний тиск повітря $P_M = 0,6$ МПа

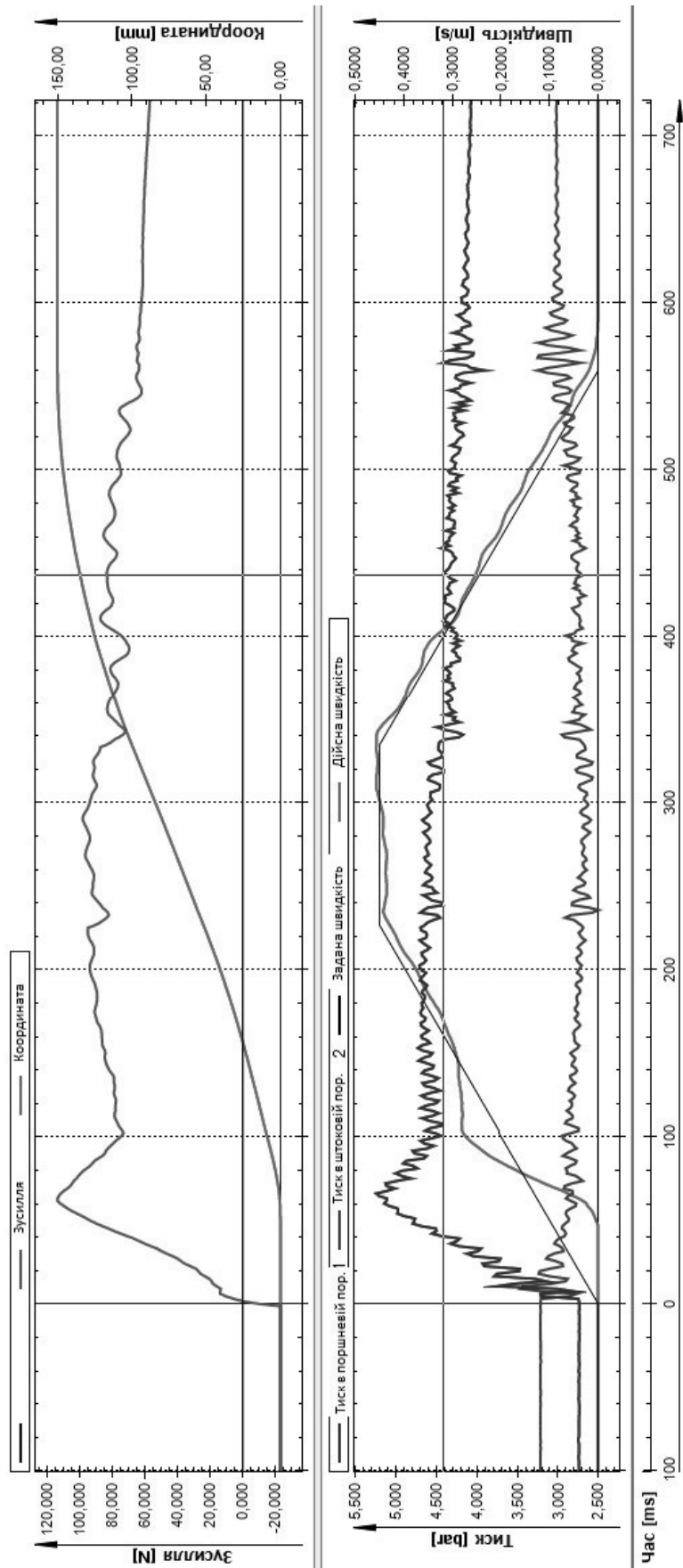


Рис. 5. Кінематичні та динамічні характеристики операції піднімання упаковки розташованим мехатронним модулем з пневмоприводом при початкових параметрах: зведена маса $m = 5$ кг; хід до позиції зупинки $s = 250$ мм (при максимальному ході 300 мм); магістральний тиск повітря $P_M = 0,6$ МПа

ЛІТЕРАТУРА

1. Колодин И.М. Модульный принцип создания новой техники в машино- и приборостроении / И.М. Колодин, Л.В. Волошина. — К.: Укр.НИИНТИ, 1982. — 51 с.
2. Агрегатно-модульная система средств автоматизации механосборки изделий приборостроения АСАМС: Каталог — С.: НИИтехприбор, 1984. — 53с.
3. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. — 746 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ПНЕВМО- ПРИВОДОМ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

М.В. Якимчук, С.М. Мироненко

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается возможность использования мехатронного модуля линейного перемещения с пневмоприводом, управляемого при помощи пропорциональных регуляторов давления в оборудовании для групповой упаковки. Разработана математическая модель позволила определить основные кинематические и динамические параметры таких конструкций с учетом физико-механических свойств упаковочных материалов. Проведенные экспериментальные исследования мехатронного модуля подтвердили возможность реализовать заданное усилия удерживание пакета упаковок в вертикальной плоскости. Полученные результаты могут использоваться для разработки новых конструкций оборудования для групповой упаковки.

Ключевые слова: групповая упаковка, усилия удерживания, мехатронный модуль, регулятор давления.