

**Міністерство освіти і науки України
Клуб Пакувальників**

**Матеріали доповідей
XXIII Науково-практичної конференції
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ
«Новітні технології пакування»**

Додаток до журналу «Упаковка®»



**За
підтримки:**



Київ – 2025

ЗМІСТ

Майбутнє упаковки: інклюзивний дизайн як новий стандарт

О.Р. Загребельна, наук. кер. – О.В. Ганоцька, к.мист., ХДАДМ, м. Харків..... 4

Створення серії етикеток бляшанок для стародавніх напоїв України в етнічному стилі

А.Г. Жерносек, наук. кер. – О.В. Чуєва, к.мист., КНУКіМ, м. Київ..... 7

Мультисенсорний підхід у сучасному дизайні упаковки (інтеграція зорових, тактильних та аудіальних елементів у візуальні комунікації бренду)

А.Ю. Руденко, наук. кер. – О.В. Ганоцька, к.мист., ХДАДМ, м. Харків 11

Моделювання та оцінка коливань траєкторії швидкісного маніпулятора за допомогою LESR і CV

А.А. Кохан, В.І. Туфекчі, к.т.н., наук. кер. – С.О. Володін, к.т.н., НУХТ, м. Київ..... 14

Аналітична оцінка силового навантаження привода натискної плити секційної будови в штанцювальному пресі

Ю.Ю. Михайлів, наук. кер. – І.І. Регей, д.т.н., НУ «Львівська політехніка», м. Львів..... 17

Синтез soft-захватів для мехатронного модуля маніпулятора

Д. Ємельянов, С. Семенюк, О. Гавва, наук. кер. – Л.О. Кривопляс-Володіна, д.т.н., НУХТ, м. Київ..... 19

Особливості переміщення вантажів у керованому потоці повітря захватних пристроїв

О.Ю. Сокол, Л.О. Сотник, наук. кер. – А.В. Деренівська, к.т.н., НУХТ, м. Київ..... 22

Синтез soft-захватів для мехатронного модуля маніпулятора

Д. Ємельянов, С. Семенюк, О. Гавва, наук. керівник –

Л.О. Кривопляс-Володіна, д.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Вступ. Сучасні технології пакування потребують точних, адаптивних та енергоефективних роботизованих систем, особливо для роботи з крихкими продуктами. Перспективним рішенням є м'які пневматичні захвати (soft-захвати), які мінімізують пошкодження, проте потребують точного керування приводом, особливо під час гальмування та фіксації. В роботі розглянуто синтез конструкції м'якого захвата на основі 3D-друку з використанням поліуретанів різної жорсткості (ТПУ-90А, ТПУ-40Д), що дає змогу адаптувати систему до різних типів виробів. Для оптимізації закону руху пневмоциліндра було використано математичне й комп'ютерне моделювання, зокрема розв'язування диференціальних рівнянь і кореляційний аналіз.

Метою дослідження є розробка та оптимізація конструкції м'якого пневматичного захвата для транспортування крихких харчових продуктів, а також синтез алгоритму керування електропневматичним приводом позиціонування з урахуванням динамічних характеристик. Особливу увагу приділено адаптації системи до різних типів продуктів і забезпеченню енергоефективного й точного позиціонування.

Матеріали та методи дослідження. В роботі використано комплекс математичних, комп'ютерних та експериментальних методів. В основу покладено кількісну оцінку динамічних характеристик електропневматичного позиційного привода з м'яким захватом. Для моделювання руху поршня пневмоциліндра використано розв'язування диференціальних рівнянь та метод кореляційного аналізу. Використано чотириступеневу модель руху поршня, що враховує зміну тиску, маси вантажу, площі поршня та коефіцієнтів в'язкого тертя. Для побудови 3D-моделі захвата використовувалася САD-бібліотека 3Dfindit, а фізична реалізація була досягнута за допомогою 3D-друку з використанням матеріалів ТПУ-90А і ТПУ-40Д. Експериментальні дослідження проводилися на випробувальному стенді з модулем Camozzi, контролером Siemens S7-1200 та сенсорними модулями Balluff. Для оцінки параметрів руху кінцевої ланки маніпулятора було розроблено алгоритм керування ПЛК. Отримані дані дозволили дослідити динамічну поведінку системи та уточнити модель для оптимального керування.

Результати моделювання. В ході дослідження було проведено математичне моделювання динаміки руху пневматичного привода, який керує м'яким захватом маніпулятора для переміщення крихких харчових продуктів. Основною метою моделювання було визначення залежностей, що описують кінематичні та динамічні параметри руху кінцевої ланки мехатронного модуля. Для цього було використано рівняння руху, що описують чотириступінчастий закон руху штока пневмоциліндра, розроблені з урахуванням реальних умов експлуатації системи. На рис. 1 показано

загальний вигляд м'яких захватів, розроблених із використанням термопластичного поліуретану двох типів жорсткості: ТПУ-90А та ТПУ-40Д. Вони надруковані на 3D-принтері для забезпечення адаптивного контакту з крихкими об'єктами (печивом, вафлями, хлібом тощо).

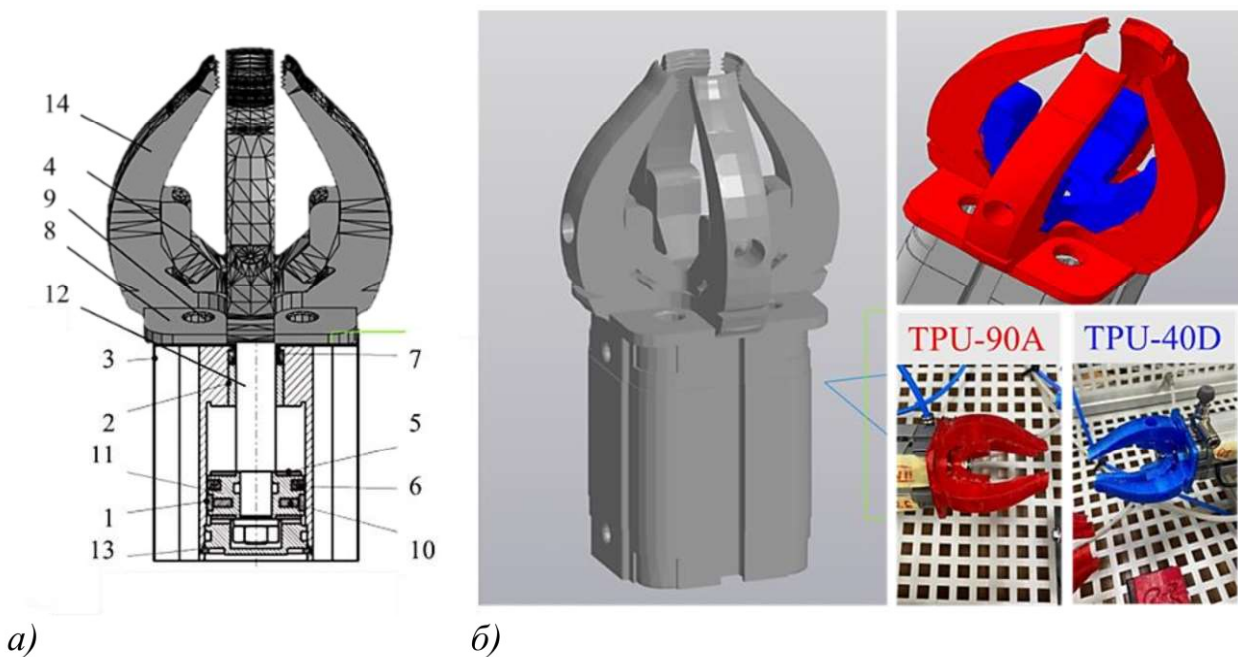


Рис. 1. Загальний вигляд випробуваних м'яких захватів, виготовлених із ТПУ-90А та ТПУ-40Д методом 3D-друку: збірка м'якомехатронних механічних захватів (а); система м'якого захвата для розкриття щелеп на 60° та загальний вигляд авторського м'якого захвата, надрукованого на 3D-принтері (гнучка термопластична поліуретанова нитка та PLA із шовковою ниткою) (б)

На рис. 2 показано узагальнені результати моделювання кінематичних навантажень системи. Графік ілюструє зміну координати $x(t)$, швидкості $v(t)$, прискорення $a(t)$ і тиску в камерах пневмоциліндра протягом усього циклу руху. З графіка видно, що оптимальне значення прискорення досягається при 0,05–0,1 с, а тиск $У$ камері зростає поступово, забезпечуючи плавність руху. Експерименти на лабораторному стенді підтвердили адекватність моделі. Макет системи було створено на базі ПЛК Siemens S7-1200, пневмоциліндра Camozzi та датчиків Balluff. Платформа дозволяє моделювати вплив інерції та збурень на точність позиціонування. Похибка між розрахунковими та експериментальними даними переміщення кінцевої ланки після завершення кінематичного циклу не перевищила 2,3%, що підтверджує ефективність розробленої математичної моделі. Параметри моделі оптимізовано з метою зменшення часу переміщення та підвищення плавності роботи системи. У ході досліджень сформульовано математичну модель для розрахунку тривалості кожного етапу руху.

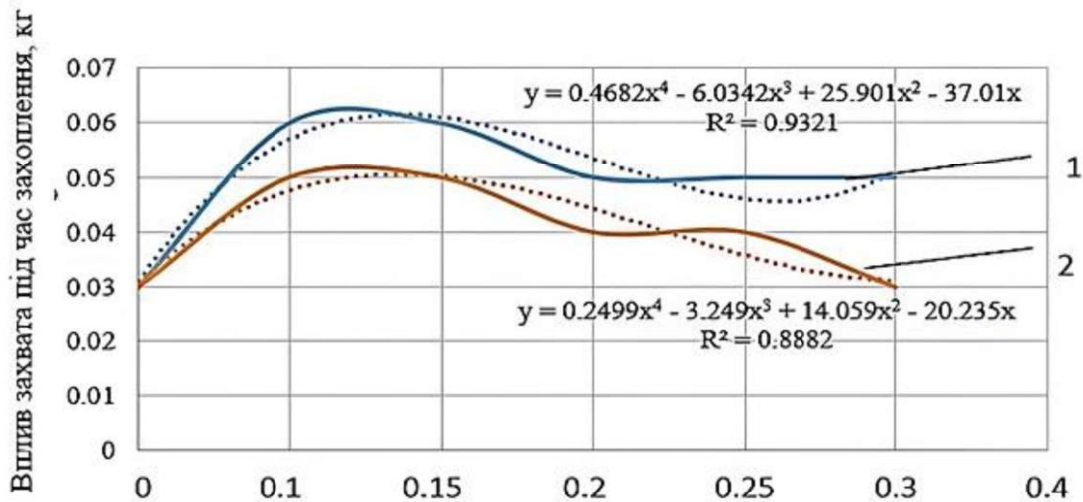


Рис. 2. Технічні характеристики м'якого захвата

Висновки. Результати моделювання дали змогу визначити оптимальний закон руху штока пневмоциліндра, який забезпечує мінімальний час переміщення й зниження динамічних навантажень. Визначено критичні параметри, такі як тиск, вага вантажу та жорсткість системи, що впливають на безпеку захоплення крихких виробів. Запропонована структура управління продемонструвала здатність забезпечувати плавне й точне позиціонування робочого органа. Підтверджено високу енергоефективність модуля на кінцевих стадіях руху, коли відбувається гальмування. Отримані результати мають практичну цінність для вдосконалення мехатронних систем у харчовій промисловості, де критично важливими є дбайливе поводження з продуктами, точність та адаптивність до різних форм і властивостей об'єктів.

Література:

1. Гавва О.О., Кривопляс-Володіна Л.О. Обґрунтування режимів роботи адаптронних функціональних модулів дозування рідкої продукції ваговим способом // Наукові праці НУХТ. 2023. Вип. 29(5). С. 66–76. doi:10.24263/2225-2924-2023-29-5-7
2. Amirante R., Del Vescovo G., Lippolis A. Flow forces analysis of an open center hydraulic directional control valve sliding spool // Energy Conversion and Management. 2006. Vol. 47(1). Pp. 114–131. doi: 10.1016/j.enconman.2005.03.010 1