

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

**КОЛОНЮКА СЕРГІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА  
ЦАПИКА РОМАНА ПЕТРОВИЧА**

УДК 621.865.8

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ПНЕВМАТИЧНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАВАНТАЖЕННЯ ГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ**

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2019

Роботу виконано на кафедрі автоматизації технологічних процесів і виробництв Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв  
**Михайлишин Роман Ігорович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій  
**Курко Андрій Михайлович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о \_\_\_<sup>.00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №43 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 401

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Сучасний стан розвитку засобів автоматизації передбачає використання промислових роботів як для виконання основних (технологічних) так і допоміжних (вантажно-розвантажувальних, транспортних, складських) операцій. Роботизація виробничих процесів дозволяє покращити якість продукції та знизити її собівартість, а також звільнити робітників від важкої, монотонної праці та шкідливих умов виробництва. Згідно даних Міжнародної федерації робототехніки середній річний темп приросту впровадження промислових роботів на виробництві становить 14%, а їх світова чисельність до 2020 року зросте до 3 млн. одиниць.

Проте впровадження сучасних засобів автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій призводить до зростання енерговитрат підприємства, виснажує природні ресурси та погіршує екологію. Тому підвищення енергоефективності експлуатації основного та допоміжного обладнання є актуальним завданням. Так під час автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій важливу роль відіграє визначення та мінімізація необхідної сили утримування вантажу, щоб забезпечити зменшення загального енергоспоживання на виробництві.

**Мета роботи:** зниження енергоспоживання струминного захоплювального пристрою за рахунок оптимізації орієнтації кінцевої ланки маніпулятора в процесі транспортування габаритних об'єктів виробництва по прямолінійній траєкторії.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Об'єкт дослідження – процес взаємодії захоплювального пристрою промислового робота з вантажем під час транспортування. Для розробки математичних моделей застосовано методи теоретичної механіки, зокрема аналітичної механіки, математичного аналізу, математичної фізики та сучасні числові методи. Для моделювання і симуляції системи «промисловий робот-захоплювач-вантаж» використано програмний пакет ABB RobotStudio®.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

– удосконалено математичну модель динамічної взаємодії струминного захоплювального пристрою з вантажем при його транспортуванні по прямолінійній траєкторії, яка враховує вплив сили лобового опору повітря та дозволяє підвищити точність обчислень при моделюванні завантаження габаритних об'єктів;

– удосконалено теоретичні залежності для розрахунку мінімальної необхідної сили утримування вантажу, що враховують його масу, габарити, параметри руху, та дозволяють визначити експлуатаційні характеристики струминного захоплювального пристрою.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Запропоновані математичні методика дозволяють визначити ряд конструктивних та експлуатаційних характеристик необхідних при проектуванні СЗП та інших захоплювачів утримуючого та підтримуючого типів. Метод оптимізації орієнтації кисті промислового робота під час виконання маніпулятором

вантажно-розвантажувальних операцій дозволяє знизити енергетичні затрати на утримування вантажу у процесі транспортування.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 28 – 29 листопада 2019 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 167 арк. формату А4, графічна частина – 8 слайдів.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи, визначено тему досліджень, сформульовано наукову новизну.

**В аналітичній частині** проведено аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами, обґрунтовано актуальність роботи, виконано постановку задачі на дипломну роботу.

**В технологічній частині** приведено характеристику захоплювальних пристроїв, які застосовуються на промислових роботах. Проведений аналіз креслення струминних захоплювальних пристроїв і їх технічних характеристик.

**В конструкторській частині** виконано вибір та розглянуто конструкції різних струминних захоплювальних пристроїв промислових роботів для транспортування плоских об'єктів.

**В науково-дослідній частині** виконано дослідження впливу сили лобового опору повітря, що діє на об'єкт маніпулювання під час виконання транспортної операції, на мінімальну необхідну силу притягання захоплювача Бернуллі. Запропоновано конструкції орієнтуючих-подовжувачів для СЗП та встановлено технічні вимоги до їх габаритів, маси та жорсткості. Для заданих параметрів захватної системи доведено, що збільшення геометричних параметрів орієнтуючого-подовжувача призводить до зростання енергетичних затрат на виконання транспортних операцій в 1,6 рази. Проведено дослідження процесу транспортування габаритних об'єктів маніпулювання без оптимізації орієнтації та із оптимізацією орієнтації захватної системи. Проведено порівняльний аналіз енергоефективності транспортування габаритних об'єктів із оптимізацією орієнтації захватної системи на базі вихрових, вакуумних захоплювачів та захоплювачів Бернуллі.

**В спеціальній частині** виконано реалізацію методики оптимізації орієнтації кисті промислового робота під час транспортування об'єктів по прямолінійній траєкторії в програмному середовищі RobotStudio.

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності»** розглянуто питання мінімізації енергетичних затрат під час транспортування об'єктів виробництва після впровадження методу оптимізації орієнтації кисті промислового робота.

**В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто питання планування робіт по охороні праці на робочому місці, правові основи забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**В частині «Екологія»** проаналізовано сучасний екологічний стан України, розглянуто питання забруднення довкілля, що виникає внаслідок реалізації технологічного процесу, а також запропоновано заходи зі зменшення забруднення довкілля.

**У загальних висновках щодо дипломної роботи** описано прийняті в проекті технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення роботи, які можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В додатках до пояснювальної записки приведено методики опису математичних моделей в програмному середовищі MathCAD, RobotStudio.

В графічній частині приведено методи захоплення, які використовуються та принцип роботи струминних захоплювальних пристроїв, розрахункову схему, приклад оптимізації орієнтації кисті промислового робота, вплив параметрів системи на мінімальну необхідну силу притягання, процес розробки програмного забезпечення та вплив впровадження представленого методу на енергетичні затрати.

## **ВИСНОВКИ**

Проаналізовано вплив сили лобового опору повітря, що діє на об'єкт маніпулювання під час виконання транспортної операції, на мінімальну необхідну силу притягання захоплювача Бернуллі. Встановлено основні закономірності впливу швидкості транспортування об'єкта та його габаритів на силу лобового опору повітря. Для заданих параметрів руху захоплювача Бернуллі встановлено, що при його швидкості 3м/с, масі об'єкта маніпулювання 1кг та розмірах 0,5x0,5x0,5м, сила лобового опору повітря складає 47% від мінімальної необхідної сили притягання захоплювача.

Запропоновано конструкції орієнтуючих-подовжувачів для струминних захоплювальних пристроїв та встановлено технічні вимоги до їх габаритів, маси та жорсткості. Для заданих параметрів захватної системи доведено, що збільшення геометричних параметрів орієнтуючого-подовжувача призводить до зростання енергетичних затрат на виконання транспортних операцій в 1,6 рази. Запропоновано залежності для розрахунку координат центру мас захватної системи та її моменту інерції. Визначено сумарну потужність та енергетичні затрати промислового робота на транспортування об'єкта маніпулювання із оптимізацією орієнтації захватної системи.

У роботі досліджено процес транспортування габаритних об'єктів маніпулювання без оптимізації орієнтації та із оптимізацією орієнтації захватної системи. Проведено порівняльний аналіз енергоефективності транспортування габаритних об'єктів із оптимізацією орієнтації захватної системи на базі вихрових, вакуумних захоплювачів та захоплювачів Бернуллі.

Використання методу оптимізації орієнтації захоплювальної системи у процесі транспортування об'єкта промисловим роботом, дозволило знизити енергетичні затрати до 69% у порівнянні з транспортуванням без переорієнтації. Доведено ефективність використання методу оптимізації орієнтації захватної системи на базі пневматичних захоплювальних пристроїв.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Михайлишин Р.І. Дослідження впливу сил лобового опору на силу притягання при маніпулюванні габаритними об'єктами [Текст] / Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, С.В. Колонюк, Р.П. Цапик // Тези доповіді VII Міжнародна науково-технічна конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Тернопіль, ТНТУ, 2019. – с. 67-68.

## АНОТАЦІЯ

Виконано дослідження впливу сили лобового опору повітря, що діє на об'єкт маніпулювання під час виконання транспортної операції, на мінімальну необхідну силу притягання захоплювача Бернуллі. Запропоновано конструкції орієнтуючих-подовжувачів для СЗП та встановлено технічні вимоги до їх габаритів, маси та жорсткості. Для заданих параметрів захватної системи доведено, що збільшення геометричних параметрів орієнтуючого-подовжувача призводить до зростання енергетичних затрат на виконання транспортних операцій в 1,6 рази. Проведено дослідження процесу транспортування габаритних об'єктів маніпулювання без оптимізації орієнтації та із оптимізацією орієнтації захватної системи. Проведено порівняльний аналіз енергоефективності транспортування габаритних об'єктів із оптимізацією орієнтації захватної системи на базі вихрових, вакуумних захоплювачів та захоплювачів Бернуллі.

**Ключові слова:** струминний захоплюючий пристрій, маніпулятор, транспортування, кінематична схема.

## ANNOTATION

The influence of the air drag force acting on the object of manipulation during the operation of the transport on the minimum required force of attraction of the Bernoulli gripper has been performed. Orienteering extensions for Bernoulli grippers are proposed and specifications for their dimensions, weight and rigidity are set. For the given parameters of the gripping system, it is proved that the increase of the geometrical parameters of the orienting-extension leads to an increase of energy costs for performing transport operations by 1.6 times. The process of transportation of dimensional objects of manipulation without optimization of orientation and with optimization of orientation of the gripping system is carried out. A comparative analysis of the energy efficiency of transportation of dimensional objects with optimization of the orientation of the gripping system based on vortex, vacuum grippers and Bernoulli grippers.

**Key words:** Bernoulli gripping device, manipulator, transportation, kinematic scheme.