

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

**ЮЩАК ТАРАС АНДРІЙОВИЧ**

УДК 621.865.8

**МОДЕЛЮВАННЯ ОРІЄНТАЦІЇ КИСТІ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ПРИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

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

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, асистент 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  
**Левицький Віталій Васильович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о \_\_<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №41 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 захоплювачів та підвищення стабільності утримування ним вантажів за рахунок оптимізації орієнтації кисті промислового робота.

**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:**

– вперше визначено оптимальну орієнтацію кисті промислового робота в процесі транспортування вантажу, що враховує діючі на нього сили та дозволить мінімізувати енергетичні затрати при виконанні вантажно-розвантажувальних операцій;

– удосконалено математичну модель динамічної взаємодії струминного захоплювального пристрою з вантажем при його транспортуванні по прямолінійній траєкторії, яка враховує зміщення центра мас вантажу та 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 методики 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 VII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 28 – 29 листопада 2018 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 – 156 арк. формату А4, графічна частина – 6 листів формату А1.

## **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, викопано 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** викопано вибір та розглянуто конструкції різних струминних захоплювальних пристроїв промислових роботів для транспортування плоских об'єктів.

**В науково-дослідній частині** викопано дослідження процесу транспортування плоских об'єктів по прямолінійній траєкторії, за допомогою струминного захоплювального пристрою промислового робота із оптимізацією орієнтації. Описано динамічну модель взаємодії струминного захоплювального пристрою з об'єктом маніпулювання під дією орієнтуючих рухів кистю промислового робота.

**В спеціальній частині** викопано 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 конструкції утримуючих і підтримуючих захоплювальних пристроїв та методи планування траєкторій при виконанні маніпуляторами вантажно-розвантажувальних операцій, що дало можливість визначити умови стабільного утримування вантажу.

Запропоновано математичну модель динамічної взаємодії захоплювального пристрою з вантажем при його транспортуванні по прямолінійній траєкторії, що враховує зміщення центра мас вантажу і вплив сили лобового опору повітря, та дає можливість визначити оптимальну орієнтацію захоплювача для зниження мінімально необхідної сили утримування до 45%.

Досліджено енергоефективність процесу транспортування вантажу з використанням струминних захоплювальних пристроїв. Використання методу оптимізації орієнтації захоплювального пристрою при транспортуванні вантажів по заданій траєкторії дозволило знизити енергетичні затрати на 15-54%.

Знайдені необхідні і достатні умови для підйомної сили, що дозволить знизити тиск в системі до необхідного мінімуму.

За сучасних умов розвитку робототехніки запропонована модель дасть можливість прискорити транспортування об'єктів так і зменшити енергоспоживання стиснутого повітря.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Михайлишин Р.І. Дослідження енергоефективності вантажно-розвантажувальних операцій з використанням вакуумних захоплювальних пристроїв [Текст] / Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, Т.А. Ющак // Тези доповіді VII Міжнародна науково-технічна конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Тернопіль, ТНТУ, 2018. – с. 11-12.

## АНОТАЦІЯ

Розглянуто випадок, коли захоплювальний пристрій призначений для транспортування плоских деталей типу пластин. Розроблено математичну модель динамічної взаємодії струминного захоплювального пристрою з вантажем при його транспортуванні по прямолінійній траєкторії. Визначено оптимальну орієнтацію кисті маніпулятора, що забезпечить мінімальне енергоспоживання струминного захоплювального пристрою.

В процесі роботи визначено основні причини, які впливають на безвідривне транспортування об'єкта маніпулювання і знайдено межі зміни основних параметрів, які визначають це явище.

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

## ANNOTATION

Considered the case when the gripping device is intended for the transport of flat plate type components. The mathematical model of dynamic interaction of a Bernoulli gripping device with a cargo during its transport on a straight line trajectory is developed. The optimum orientation of the manipulator brush is determined, which will provide the minimum energy consumption of the Bernoulli gripping device.

In the course of work, the main reasons that affect the irrevocable transport of the object of manipulation are identified and found limits of change in the basic parameters that determine this phenomenon.

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