

Вченому секретарю
Спеціалізованої вченої ради Д 26.002.11
при КПІ ім. Ігоря Сікорського,
к.т.н., доц. Ганпанцуровій О. С.

03056, м. Київ,
просп. Перемоги, 37, корп. 1,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Поліщука Михайла Миколайовича

на тему

«Автоматизований синтез мобільних роботів довільної орієнтації в технологічному просторі».

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.02.02 – Машинознавство.

1. Загальна структура роботи

Структура опонованої дисертації ся є типовою і складається із вступу, семи розділів, висновку й 16 додатків. Загальний обсяг роботи становить 377 сторінок, містить 134 ілюстрації, 17 таблиць, перелік використаних інформаційних джерел 158 найменувань.

Дисертаційна робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» на кафедрі технічної кібернетики.

Мета досліджень – створення інструментальних засобів автоматизованого синтезу мобільних роботів довільної орієнтації (РДО) в технологічному просторі.

Об'єкт досліджень – методологічне забезпечення синтезу мобільних РДО в технологічному просторі із застосуванням основоположних принципів їх функціонування.

Предмет досліджень – процес автоматизованого синтезу мобільних РДО в частині проектування їх функціональних вузлів і пристроїв зчеплення та переміщення по поверхнях довільної орієнтації.

2. Оцінка актуальності теми дисертації

Мобільні роботи довільної орієнтації (РДО) у просторі є модифікацією мобільних роботів, оснащених засобами пересування та втримання їх на поверхні довільної орієнтації в певним чином визначеному технологічному просторі. Створення даного виду робото технічний пристроїв загалом є достатньо складною задачею і перебуває на початковій стадії. Відомі системи автоматизованого проектування інших класів

мобільних та виробничих роботів та їх елементів, але вони не дозволяють враховувати такі особливості роботів довільної орієнтації, як жорстке обмеження вагових характеристик, зміна кутів нахилу поверхні в процесі експлуатації до 180° , технічні варіанти зчеплення із поверхнею, зміни кутів дії реакції поверхні та ваги щодо напрямку переміщення.

Актуальною проблемою є створення методологічного підходу, який враховує особливості класу мобільних роботів довільної орієнтації, та реалізація такого підходу в інженерних методиках і засобах автоматизованого проектування. Вказане суттєво звужує сегмент пошукових розробок і ослаблює фактор людського впливу при проектуванні роботів відповідно до заданих виконуваних функцій, обмежень, умов і режимів експлуатації.

В даній дисертаційній роботі запропонований методологічний підхід синтезу мобільних РДО, що заснований на трьох принципах:

- накопичення та перетворення енергії руху роботів;
- інтеграції їх приводів;
- застосування засобів компенсації гравітаційного навантаження.

Реалізація зазначених принципів синтезу РДО надає можливість створення інструментальних засобів автоматизованого проектування / синтезу означеного класу мобільних роботів відповідно до необхідного спектру виконуваних функцій та заданих умов і режимів експлуатації в різноманітних галузях промисловості.

З урахуванням викладеного тему дисертаційної роботи слід визначити актуальною, що підтверджується потребами практики, публічними апробаціями, результатами експериментальних досліджень та публікаціями за темою дисертації.

3. Оцінка наукової новизни дисертації

Наукова новизна роботи визначається наступним.

1. Вперше запропоновано методологічний підхід до створення мобільних РДО на основі реалізації трьох принципів цілеспрямованого синтезу мобільних роботів, що передбачають накопичення потенціальної енергії на попередній ділянці переміщення мобільного РДО й перетворення її в енергію руху на наступних ділянках руху; інтеграцію приводів поздовжнього й вертикального переміщення, а також приводів зміни орієнтації робота по заданому маршруту; застосування аеродинамічної піднімальної сили як засобу протидії гравітаційному навантаженню з метою підвищення надійності утримання робота на поверхнях довільної орієнтації відносно обрису технологічного простору.

2. Вперше здійснено структурно-параметричний синтез мобільних РДО як багаторівневої технічної системи із застосуванням модифікації параметричного синтезу мобільних роботів, відмітність якої полягає в перетворенні критеріїв оптимізації у фактори функціоналів на кожному наступному рівні оптимізації параметрів мобільних РДО як ієрархічної технічної системи (ТС).

3. Вперше використаний системно-морфологічний підхід для структурного синтезу мобільних РДО та формування масиву нових технічних рішень, який спрямовано на

розробку раціональних конструкцій трансмісій і засобів зчеплення РДО з поверхнею переміщення.

4. Вперше розроблені динамічні моделі мобільних РДО, які враховують гравітаційне та технологічне навантаження (в частині виконання силових операцій) при формуванні технічних розв'язків та дозволяють автоматизувати їх синтез і визначення конструктивно-технологічних параметрів мобільних РДО.

5. Вперше експериментально підтверджений принцип застосування аеродинамічної сили як засобу протидії гравітаційному навантаженню, що сприяє компенсації гравітаційного навантаження мобільних РДО і розширенню діапазону технологічних навантажень.

6. Отримано подальший розвиток параметричного синтезу режимів функціонування та конструктивно-технологічних параметрів мобільних РДО відповідно до запропонованих принципів автоматизованого синтезу технічних рішень.

Наведені результати є новими в такій предметній галузі як синтез мобільних РДО, внаслідок чого наукова новизна дисертаційної роботи вочевидь є позитивною.

4. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації

Теоретичні дослідження, що проведені в опонованій роботі, засновані на методах структурного морфологічного аналізу й структурно-параметричного синтезу моделей РДО, класичних методах квазістатичного, кінематичного й динамічного аналізів технічних систем. Запропонована в роботі модифікація параметричного синтезу мобільних РДО інтерпретується як багаторівнева технічна система, на базі якої розроблені інженерні методики із застосуванням програм САЕ (Computer Aided Engineering) систем автоматизованого синтезу вузлів і функціональних пристроїв мобільних РДО. Для побудови 3D моделей конструкцій РДО використані проектно-конструкторські редактори Kompas 3D та AutoCAD. Комп'ютерна реалізація математичних моделей проводилась за програмами MathCAD, MathLab/Simulink, а також за оригінальними авторськими комп'ютерними програмами.

Експериментальні дослідження, проведені автором ґрунтуються на методиці повнофакторного експерименту з достатньою точністю контролю змінних конструктивно-технологічних параметрів генератора аеродинамічної піднімальної сили мобільного робота й статистичного аналізу на основі перевірки адекватності регресійної моделі реальному процесу із застосуванням класичних критеріїв оцінки розподілення дисперсій вимірів, вагомості коефіцієнтів рівнянь регресії та коефіцієнта кореляції.

5. Практична цінність роботи

Практичні результати дисертаційної роботи полягають в наступному:

1. Для ієрархічної ТС РДО на основі методології багатокритеріальної параметричної оптимізації створені інженерні методики, які дозволяють формувати раціональні технічні рішення конструктивних вузлів мобільних роботів.

2. Створено автоматизовані модулі САЕ-систем для параметричного синтезу мобільних РДО з газовими пристроями накопичення та перетворення енергії руху роботів, а також антропоморфних педіпуляторів роботів, використання яких дозволяє проектувальникам зменшити трудомісткість робіт на (20...35)%.

3. За результатами експериментальних досліджень отримано емпіричний масив даних впливу режимів функціонування генератора пневматичної тяги, який засвідчив, що при максимальному тиску у соплах та при переході від мінімального значення їх кількості до середніх значень приріст сили аеродинамічної тяги досягає 77%, а при переході від мінімальних діаметрів сопів до середніх значень при їх максимальній кількості приріст реактивної тяги не перевищує 63%.

4. Розроблено технічні рішення мобільних РДО для обслуговування висотних об'єктів промислового та комунального господарств із застосуванням компенсації гравітаційного навантаження та комбінуванням приводів переміщення і орієнтації.

5. Результати досліджень впроваджені в Київському спеціальному конструкторському бюро «СКБ – Перспектива» та на підприємстві «Стандарт-Техніка» у якості комплексу робочої проектно-конструкторської документації на технічні розв'язки мобільних РДО для обслуговування висотних об'єктів промислового та господарського призначення. В остаточному підсумку за рахунок зменшення трудомісткості проектних робіт економічний ефект склав відповідно до вказаних підприємств 657 тис. грн. та 252 тис. грн.

6. Апробація роботи та повнота викладу результатів в опублікованих працях

Апробація результатів досліджень підтверджується участю автора у 16 міжнародних та вітчизняних конференціях. Основні результати та наукові положення дисертації відображено в 83 наукових працях, що включають 2 монографії, 34 статті у наукових фахових виданнях (з них 8 статей у виданнях, що індексовані у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science); 11 патентів на винаходи, 3 патенти на корисні моделі, 16 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій та 17 статей в інших закордонних та вітчизняних виданнях.

7. Зауваження та недоліки дисертації та автореферату

Вважаю за доцільне відмітити наступні *недоліки та зауваження* за змістом та поданням матеріалу проведених дисертаційних досліджень.

1. При розгляді структури, складу і рівнів реалізації підсистем РДО (С. 44–46 тексту дисертації) автором акцентується увага на превалюванні впливу на енергетичні витрати підсистеми руху робота та його зчеплення з поверхнею переміщення (рис. 1.2, С. 47). Але це не завжди так, оскільки технологічне навантаження на робот при виконанні силових операцій може домінувати в енергетичних витратах.

2. В розділі 1.4. при аналізі технічних розв'язків дослідних зразків РДО (С. 63–67) автором віддається перевага крокуючим трансмісіям перед іншими, наприклад, колісними. Вказане потребує наявності доказової бази в різних її проявах, але яка є

відсутньою. Адже відомо, що колісна трансмісія з відповідними приводами є більш продуктивною в частині швидкісних характеристик. Тобто швидкість руху мобільних роботів з колісними механізмами набагато перевищує швидкість руху мобільних роботів з крокуючими механізмами. Але з іншої сторони колісна трансмісія мала б не такі широкі можливості застосування в прийнятному в роботі технологічному просторі.

3. Наявною є певна невідповідність між градаціями рівнів ієрархічної системи структурно-параметричної моделі мобільного робота, представленого на рис. 2.4, С. 108, та такої ж градації, представленої на рис. 2.6, С.113, для робота для обслуговування поверхонь висотних будинків. Вказані градації фактично є зворотніми.

4. За текстом роботи та автореферату, особливо при дослідженні синтезу мобільних РДО за 2-им принципом, а саме: інтеграція приводів переміщення та зміни орієнтації мобільного робота (розділ 4 тексту роботи та С. 17-21 тексту автореферату) вказаний принцип доцільно було б подати як очевидний прояв головного принципу мехатроніки, а саме принципу синергетичної інтеграції. Це певним чином зорієнтувало б дослідження в канву досліджень мехатронного змісту, що фрагментарно і виконано в даній роботі.

5. При аналізі результатів моделювання генератора тяги (п. 5.6, С. 273-274) на рис. 5.8 та рис. 5.9 відповідно вказані залежності маси витрат стислого газу від тиску та величини сили реактивної тяги від тиску стікаючого газу. Але під ілюстраціями означених графічних залежностей не наводяться чисельні значення технічних характеристик генератора тяги, що визиває ряд труднощів при аналізі виконаних досліджень.

6. В діалогових вікнах інтерфейсу програм автоматизованих модулів САЕ-систем, а саме на рис. 7.6, рис. 7.7 та рис. 7.8 (С. 337-338 тексту дисертації) відсутня інформація щодо діючих сил технологічного навантаження. Тому не зрозуміло, на якій стадії розрахунку параметрів роботів враховується вказаний параметр.

7. Вважаю, що проміжні математичні викладки мають бути розміщені в Додатках до дисертації. Наприклад, це вирази (3.11) - (3.16), що отримані при побудові динамічної моделі мобільного робота з пристроями накопичення та перетворення енергії (див. С. 136-138).

Вказані зауваження та недоліки не носять принципового характеру і тому кардинально не впливають на зміст та важливість отриманих в опонованому дисертаційному дослідженні наукових та практичних результатів. З деякою мірою абстрагування викладене вище (п. 7 даного відгуку) можна розглядати більше не як зауваження та недоліки, а як рекомендації для одного з можливих напрямків подальшої наукової роботи автора.

8. Заключна оцінка дисертаційної роботи

З урахуванням вище викладеного вважаю, що докторська дисертація Поліщука М.М. є самостійною та закінченою науково-дослідною роботою автора. Вона містить наукові результати, які сприяють вирішенню проблеми синтезу мобільних РДО як різновиду мобільних роботів.

Зміст автореферату та публікацій за темою дисертації достатньо повно відтворюють зміст дисертаційної роботи, підтверджують актуальність теми та задач дослідження, наукової повизни та практичної цінності роботи.

*Вважаю, що представлена дисертаційна робота «Автоматизований синтез мобільних роботів довільної орієнтації в технологічному просторі» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає вимогам п.п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ №567 (зі змінами, вписаними згідно Постанови КМУ №656 від 19.08.2015) та вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України щодо докторських дисертацій, а її автор *Поліщук Михайло Миколайович* заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – Машинознавство.*

Офіційний опонент
д.т.н., професор кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих технологій
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державного університету
«Житомирська політехніка»,
Відмінник освіти України

В.А. Кирилович



Вірність підпису засвідчує
Начальник загального відділу
Ольга Маркова