

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**

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

Об'єктом досліджень є 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.

Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновку й 16 додатків. Загальний обсяг роботи становить 377 сторінок, у тому числі 357 основного тексту, містить 134 ілюстрації, 17 таблиць, список літератури зі 158 найменувань.

### **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 відповідно до заданого технологічного простору. Створення даного виду робототехніки є достатньо складною задачею і перебуває на початковій стадії. Науково-технічні роботи відомих закордонних і вітчизняних розробників позбавлені загальнометодологічного підходу до синтезу мобільних РДО, і носять, в значному ступені, пошуковий і експериментальний характер, що суттєво звужує можливості їх промислового виробництва і застосування.

Актуальною проблемою є створення методологічного підходу, який враховує особливості класу мобільних роботів довільної орієнтації, та реалізація підходу в інженерних методиках і засобах автоматизованого проектування, що звужує сегмент пошукових розробок і ослаблює фактор людського впливу при проектуванні роботів відповідно до заданих виконуваних функцій, обмежень, умов і режимів експлуатації. Додаткову актуальність експлуатація означеного класу мобільних роботів здобуває в екстремальних умовах техногенних катастроф, небезпечних і навіть неприйнятних для перебування і втручання людини.

Дисертація, що розглядається, містить методологічний підхід до синтезу мобільних РДО, заснований на трьох принципах: 1 – накопичення та перетворення енергії руху роботів, 2 – інтеграції їх приводів, 3 – застосування засобів компенсації гравітаційного навантаження. Реалізація зазначених принципів синтезу РДО надає можливість створення інструментальних засобів автоматизованого проектування означеного класу мобільних роботів, відповідно до виконуваних функцій і режимів експлуатації в різноманітних галузях промисловості, що визначає актуальність проблеми.

Таким чином, тему дисертаційної роботи, присвяченої вирішенню вище вказаних задач, слід визначити актуальною, що також підтверджено відповідними апробаціями та публікаціями по темі дисертації.

### 3. Оцінка наукової новизни дисертації

В роботі отримано наступні наукові результати:

1. Вперше запропоновано методологічний підхід до створення мобільних РДО на основі реалізації трьох принципів цілеспрямованого синтезу мобільних роботів, а саме: *Принцип 1.* Упереджуюче накопичення потенціальної енергії на попередній ділянці (або кроці) переміщення мобільного РДО й перетворення її в енергію руху на наступних ділянках (або наступному кроці) руху. *Принцип 2.* Зменшення ваги робота шляхом інтеграції приводів поздовжнього й вертикального переміщення, а також приводів зміни орієнтації робота по заданому маршруту. *Принцип 3.* Застосування аеродинамічної піднімальної сили як засобу протидії гравітаційному навантаженню та забезпечення зчеплення робота з поверхнею переміщення.

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. 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.

Вказані результати є новими в даній предметній галузі і тому позитивна оцінка наукової новизни даної дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

#### **4. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації**

Прийняті в дисертації початкові положення та припущення в основному є коректними, узгоджуються із загальноприйнятими в даній предметній області. Теоретичні дослідження засновані на методах структурного морфологічного аналізу й параметричного синтезу нових технічних розв'язків, методів квазістатичного, кінематичного й динамічного аналізів технічних систем. Запропонована модифікація параметричного синтезу мобільних РДО, як багаторівневої технічної системи, на базі якої розроблені інженерні методики розрахунків квазіоптимальних режимів керування й конструктивно-технологічних параметрів мобільних РДО.

Експериментальні дослідження засновані на теорії повнофакторного екстремального експерименту, методики його постановки, вимірів екстремальних значень режимів подолання гравітаційного навантаження генератором реактивної тяги мобільного робота й обробки результатів експерименту методами дисперсійного й регресійного аналізів, включаючи перевірку отриманої регресійної моделі на адекватність реальному процесу. Отримані в роботі наукові положення та висновки є обґрунтованими з наукової та технічної точок зору.

## 5. Практична цінність роботи

В роботі досягнуті практичні результати, а саме:

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

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

3. Отримано, в результаті експериментальних досліджень, 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 зразки мобільних РДО для обслуговування висотних об'єктів промислового та господарського призначення. Це дозволило за рахунок зменшення трудомісткості проектних робіт досягти відповідно вказаних підприємств економічний ефект 657 тис. грн. та 252 тис. грн.

## 6. Апробація роботи та повнота викладу результатів в опублікованих працях

Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 16 наукових конференціях вітчизняного та міжнародного рівнів. Результати та наукові положення дисертаційного дослідження достатньо повно відображено в опублікованих 83 наукових працях, що включають 2 монографії, 34 статті у наукових фахових виданнях (з них 8 статей у виданнях іноземних держав, що включені до міжнародних наукометричних баз); 11 патентів на винаходи, 3 патенти на корисні моделі, 16 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій, 17 статей в інших виданнях.

## 7. Зауваження та недоліки дисертації та автореферату

Відаючи належне повноті, коректності досліджень та практичній цінності результатів дисертаційної роботи, слід звернути увагу на деякі недоліки, а саме:

1. У підрозділі дисертації «Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами» (стор. 32, 33) відзначається участь автора в науково-дослідній темі № 2023-п щодо створення «Антропоморфного роботизованого транспортного засобу ...», але не вказано конкретний здобуток автора в означену розробку.
2. У п.2 підрозділу «Практичне значення отриманих результатів» (стор. 36) відзначається, що використання розроблених модулів параметричного синтезу дозволяє проектувальникам зменшити трудомісткість робіт на 20%...35%. При такій констатації бажано відзначити в наслідок яких саме чинників досягається означений ефект.
3. У таблиці 1.1 (стор. 42) відображені області перспективного застосування мобільних роботів довільної орієнтації, але не вказана можливість виконання означеними роботами виконання оперативно-тактичних завдань військового призначення, що є вкрай актуальним у сьогоденні.
4. На стор. 82 у п. 2 «Висновків» автором стверджується необхідність схемотехнічних розв'язків мобільних РДО, спрямованих на зниження гравітаційного навантаження. Не зрозуміло, який саме сенс вкладається у поняття «схемотехнічні розв'язки». Останнє ствердження потребує пояснення.
5. У розділі «Моделювання морфологічної множини й класу об'єктів мобільних РДО» (стор. 87) після формулювання кожної морфологічної таблиці конструктивних ознак мобільних роботів (стор. 89...94) щоразу надаються нові матричні моделі, а саме: (2.4), (2.7), (2.10) і (2.13) до кожної структури роботів. Вважаю таке подання матеріалу тільки ускладнює його читання, бо достатньо з методологічної точки зору обмежитись одноразово ілюстрацією матриці, а надалі надавати тільки формули, що визначаються відповідними матричними моделями.
6. Зі схем рис. 2.3. «Приклади ідентифікації активного синтезу мобільних РДО на основі морфологічного конструювання» (стор. 103) не зрозуміло чому саме наявність відповідних патентованих технічних рішень є обов'язковим критерієм для формування раціональних структур мобільних роботів.
7. У підрозділі 6.3. «Визначення виду факторних залежностей генератора тяги» (стор. 293) наведено цільову функцію (6.7) на стор. 296 як добуток функцій по кожному незалежному фактору. Таке представлення інтегральної цільової функції потребує відповідного обґрунтування.

8. Автором коректно здійснено обрахування коефіцієнта кореляції (6.19) на стор. 304 рукопису для оцінки внеску коефіцієнтів регресії в рівняння моделі (6.17). Але відомо, що у разі зміни інтервалу чисельних значень початкових даних, зокрема у вигляді обмежень незалежних факторів (6.9), означений коефіцієнт кореляції теж буде змінюватись в певних межах. Отож слід було б вказати, принаймні, допуск зміни коефіцієнта кореляції при умові збереження адекватності регресійної моделі реальному процесу.

Наведені зауваження носять переважно науково-методичний характер, а перелічені недоліки не є принциповими, тому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи і можуть бути враховані у подальшій науковій діяльності автора.

### 8. Заключна оцінка дисертаційної роботи

Розглянута дисертаційна роботи Поліщука М.М. є самостійною закінченою науково-дослідною роботою. Вона містить наукові положення, які можна розглядати як рішення важливої галузевої задачі, виконання якої сприяє розвитку робототехніки в Україні взагалі, та створенню мобільних роботів довільної орієнтації, зокрема. Зміст автореферату та публікацій за темою дисертації достатньо повно відтворюють зміст дисертаційної роботи, підтверджують актуальність теми, мети та задач дослідження, наукової новизни 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, внесеними 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 наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – Машинознавство.

Офіційний опонент

д.т.н., професор кафедри підйомно-транспортного та робототехнічного обладнання

Державного університету «Одеська політехніка»

 В.П. Яглінський

*Вчений секретар*



*В.Ф. Шевчук*