

Технические науки

УДК 676.242.3.06

Дичко Софія Тарасівна

магістрант

Національного технічного університету України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дычко София Тарасовна

магистрант

Национального технического университета Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Dychko Sofiya

Graduating Student of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ
ДОВІЛЬНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ**

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ
МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ
ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT OF
MOBILE ROBOTS OF ARBITRARY ORIENTATION**

Анотація. Робота присвячена проектуванню та математичному моделюванню мобільного робота з генератором аеродинамічного довільної орієнтації в технологічному просторі. У статті описано опис робота і принцип його роботи. Запропоноване рішення дозволяє роботу орієнтуватися на поверхнях довільної орієнтації в різних системах координат.

Ключові слова: *climber Robot, альпіністські роботи, мобільні роботи, роботи вертикального переміщення.*

Аннотація. *Работа посвящена проектированию и математическому моделированию мобильного робота с генератором аэродинамического произвольной ориентации в технологическом пространстве. В статье описано описание работа и принцип его работы. Предложенное решение позволяет роботу ориентироваться на поверхностях произвольной ориентации в различных системах координат.*

Ключевые слова: *climber Robot, альпинистские работы, мобильные работы, работы вертикального перемещения.*

Summary. *The work is devoted to the design and mathematical modeling of a mobile robot with a generator of aerodynamic arbitrary orientation in the technological space. The article describes the description of the work and the principle of its operation. The proposed solution allows the work to focus on surfaces of arbitrary orientation in different coordinate systems.*

Key words: *climber Robot, climbing works, mobile works, vertical moving works.*

Вступ. Основною складністю у створенні мобільних роботів довільної орієнтації в сучасному технічному світі є те, щоб забезпечити надійному утриманні робота на поверхні будь-якої орієнтації. Тому зазвичай у експериментальних дослідженнях основною темою є створення системи для з'єднання робота до поверхні, по якій він рухається.

Метою цього дослідження є створення крокуючий робот з генератором аеродинамічної піднімальної сили. Стаття містить огляд існуючих існуючих конструкцій роботів довільної орієнтації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні 5-10 років було створенно і реалізовано різні типи і підходи роботів. Більшість

заснована на спеціальних інструментах та/або інженерних середовищах. Часто в таких роботах використовується пристрій або інструмент, який приєднаний до кінця руки робота, де б була рука, це може бути кілочка, гачки та спеціальні затискачі, які відповідають інженерним особливостям навколишнього середовища, таким як отвори, поручні, дротяні огорожі, пруті та жердини.

Іншим типом скелелазючих роботів є клейових роботів [1, с. 2]. Він притримується плоских або гладко вигнутих поверхонь за допомогою таких пристроїв, як присоски або магніти. Проте, вони обмежені поверхностями на яких можуть працювати, тому вони дієспособні тільки на поверхнях що складаються зі скла, металу або інших гладких поверхонь.

Взявши ідею з природи, роботи з робочими ногами були створені для того, щоб мати змогу лізти на стіни будівель, плитку та інші гладкі поверхні. Прикладом такого робота є Stickybot, який використовує гумоподібний матеріал з крихітними полімерними волосками для імітації ніг гекона [2, с. 2-3]. Беручи сигнали від геконів, Stickybot використовує три основні принципи, щоб піднятися на гладку поверхню. По-перше, він використовує ієрархічну відповідність, яка відповідає рівням від мікро до сантиметрової шкали. По-друге, Stickybot використовує перевагу спрямованої адгезії, що дозволяє йому плавно зачепитись і відірватися від поверхні, контролюючи силу тяги. Це запобігає поширенню великих сил роз'єднання по всьому тілу та дозволяє ногам прилипати до поверхонь під час навантаження на зсув. По-третє, Stickybot використовує контроль сили, який працює разом із дотриманням вимог тіла та клейовими напрямними пластирами для контролю тягових сил у стопах.

Ще одним прикладом такого робота є Spinybot, ноги якого оснащені безліччю крихітних кігтів [3, с. 4]. Жоден із цих роботів не міг вільно підніматись по вертикальній місцевості з малими та великими неправильними рисами.

Деякі роботи, спеціально розроблені для огляду труб та каналів спираються на тертя з поверхнями (як це роблять вільнолазаючі), але використовують геометричну закономірність циліндричного середовища для виконання попередньо обчисленого циклічного рухового руху.

Прикладом такого є робот "кільцевого" скелелазіння з можливістю корисного навантаження, що дозволяє йому підніматися вгору циліндричної вежі та відсканувати лопаті на місці за допомогою декартового скануючого рукава.

Перша спроба побудувати робота, який вільно лазить це - Лемур Iib [4, с. 2]. Це плоский чотирикінцевий скелелазітний робот, створений лабораторією реактивного руху НАСА. Він складається з чотирьох однакових кінцівок, встановлених на круглому шасі з рівним інтервалом між ними. Загальна маса робота становить 7 кг. Кожна кінцівка має три революційні суглоби, що забезпечують два рівні в площині («плече» та «лікоть») і один ступінь свободи поза площиною. Усі з'єднання мають високу передачу і мають однакові трансмісії, здатні забезпечувати максимальний безперервний крутний момент 5,0 Нм і максимальну швидкість 45 градусів/с. Кожна кінцівка оснащена «пальцем», циліндричним кілочком, обмотаним гумою з високим тертям. Ступінь свободи кінцівки поза площиною дозволяє пальцю проходити над елементами, встановленими на площинній місцевості. Ці особливості того ж типу, що і в скелелазінні. Ліктьово-колінний суглоб робота може згинатися в обох напрямках, але з механічним упором на 90 градусів. Це обмеження 90 градусів значно обмежує доступний робочий простір кожного пальця. Це також ускладнює планування рухів та управління ними завдяки унікальному вирішенню оберненої кінематики кожної кінцівки.

Для Лемура Iib був розроблений планувальник. Цей планувальник, який ґрунтується на підході "стояння перед рухом", бере за вхідну модель місцевості, де перераховуються всі можливі точки, де робот може

встановити контакт. Контролер положення з відкритим контуром w25as реалізований на Lemur Пб для виконання траєкторій, створених планувальником. Хоча цей контролер працює без зворотного зв'язку з силою або зором, Lemur Пб, проте, міг виконувати частини траєкторій з дуже повільною швидкістю, щоб зменшити помилки позиціонування та ризики ковзання. Але отримана система не була надійною, і Лемур Пб часто падав. Падіння в основному були спричинені як помилками розташування пальців, так і прикладанням неадекватних сил контакту.

Тенцінг, ще один вільно лазячий робот, був побудований у Дартмутському коледжі. Як і Лемур Пб, це чотирикінцевий площинний робот з двома революційними суглобами в кожній кінцівці. На кожному ліктьовому та плечовому суглобах використовується сервомотор-любитель. У кінцевій точці кожної кінцівки встановлено датчик сили для вимірювання величини вертикальної складової контактної сили. Робот також оснащений датчиком нахилу, який використовується для утримання тіла у вертикальному положенні. Камера, не встановлена на роботі та розташована на деякій відстані від скелелазіння, використовується для визначення положення робота та визначення місцевості на стіні. В інтерактивному режимі користувач - людина вводить послідовність контактів у графічному інтерфейсі. В автоматичному режимі планувальник обчислює шлях до стіни. Тенцінг має деякі очевидні обмеження. Сервомотори-любители коштують недорого, але мають низьку точність з'єднання. Крім того, ремінь, що використовується для приведення кожного ліктьового суглоба, значно збільшує люфт. Тому точний контроль положення може бути неможливим. Датчики сили Тенцинга вимірюють лише вертикальні складові контактних сил. Оскільки цієї інформації, як правило, недостатньо, щоб підтримувати робота в статичній рівновазі, Тенцінг завжди тримає своє тіло вертикально і може підніматися лише на стіни, обладнані відносно великими рельєфами

місцевості, з горизонтальними контактними поверхнями, спрямованими вгору.

Опис запропонованого рішення

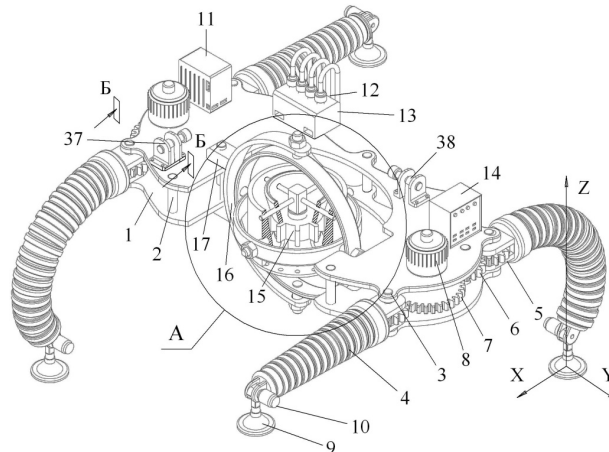


Рис. 1. Крокуючий мобільний робот

Мобільний крокуючий робот містить корпус 1 (рис. 1), що складається з верхньої й нижньої платформ, з'єднаних шпильками 2 й осями 3. На останні встановлені педипулятори 4, кожен з яких має ведену шестірню 5, а кожна пара педипуляторів постачена трансмісією, що складається з паразитного зубчастого колеса 6 і ведучого колеса 7, постаченого двигуном 8. Крім того, кожен із чотирьох педипуляторів 4 оснащений захватом 9 для зчеплення з поверхнею переміщення і його приводом повороту 10 для забезпечення нормального положення захватів 9 до поверхні переміщення. Тип захватів 9 може бути різним, наприклад, вакуумним, механічним, електромагнітним або адгезійним залежно від матеріалу й топології поверхні, по якій рухається робот [5, с. 15]. На верхній платформі корпуса 1 розміщений модуль 11 енергозабезпечення мобільного робота, блок 12 гідравлічних або газових (пневматичних) розподільників, генератор 13 тиску газу або рідини для управління педипуляторами 4, а також контролер 14 керування роботом.

Робот оснащений генератором 15 реактивної (пневматичної) тяги, що встановлений на Кардановому підвісі 16, який кронштейном 17 закріплений на корпусі 1. Причому кронштейн 17 через отвори 18 (рис. 2,а) встановлено нерухомо на корпусі 1 робота, таким чином, що центр Карданового підвісу співпадає з центром ваги (центром мас) робота.

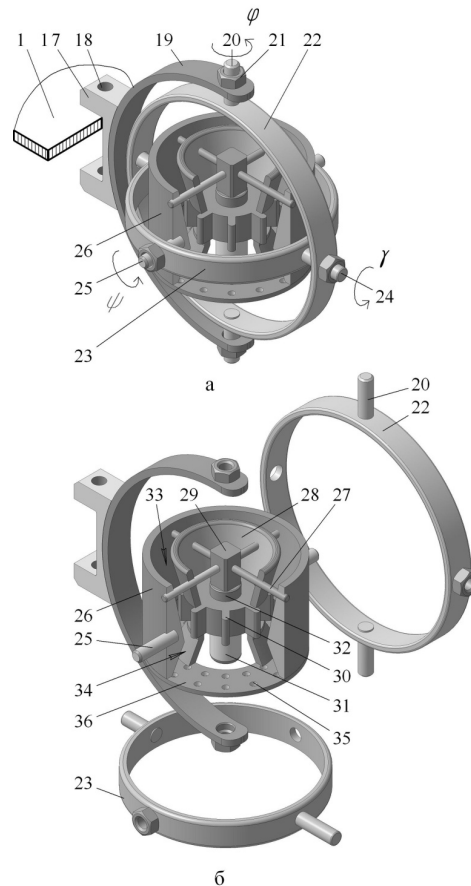


Рис. 2. Карданів підвіс генератора аеродинамічної сили

На кронштейні 17 нерухомо закріплено скобу 19, в якій на осях 20 з фіксацією в осьовому напрямку елементом 21 встановлено зовнішнє кільце 22 з можливістю обертання на кут $0 \leq \varphi \leq 180^\circ$ навколо осі 20. У середині кільця 22 концентрично йому встановлено внутрішнє кільце 23 на осях 24 з можливістю обертання на кут $0 \leq \gamma \leq 180^\circ$ навколо осі 24. На осях 25 (з двох протилежних сторін) кільця 23 встановлено корпус 26 генератора тяги з можливістю обертання на кут $0 \leq \psi \leq 180^\circ$ навколо осі 25.

Корпус 26 генератора тяги за допомогою хрестовини 27 (рис. 2,б) жорстко з'єднаний із внутрішнім корпусом 28 та сервоприводом 29 генератора тяги, що складається з лопатного ротора 30, його двигуна 31 та автономного блока живлення 32. Причому корпус 26 генератора тяги встановлено зі зміщенням центру його ваги відносно центру Карданового підвісу (тобто центру кілець 22 і 23 та осі 25). Концентрично встановлені корпуси 26 і 28 утворюють конічну воронку 33 для забору повітря та конічну воронку 34 для примусового витиснення стислого повітря через сопла 35 шайби 36, що герметично з'єднує корпуси 26 і 28.

Мобільний робот оснащений вимірниками 37 і 38 кута нахилу робота відносно обр'ю, розміщених у двох взаємно перпендикулярних площинах XZ і YZ Декартові системі координат XYZ. Кожний із зазначених вимірників виконаний у вигляді противаги 39 установлені нерухомо за допомогою важеля 40, втулки 41 і шпонки 42 на поворотному валу 43. Останній розміщений з можливістю обертання в підшипниках 44 кронштейнів 45, що закріплені на корпусі 1 робота. На одному із кронштейнів 45 установлений енкодер 46 (від англ. *encode* — перетворювати; датчик для перетворення кута повороту вала в електричний сигнал), у який входить кінець вала 43. Енкодери 46 вимірників кута нахилу 37 і 38 з'єднано з декодером 47 (пристроєм для розкодування й перетворення сигналу), який, в свою чергу, з'єднаний із блоком підсумовування 48 і регулятором швидкості 49 сервоприводу 29 генератора реактивної тяги.

Висновок. У даній статті було розглянуто роботи довільної орієнтації. Було відзначено і проаналізовано існуючі рішення. А також, запропоновано новий підхід для робота довільної орієнтації.

Спроектований робот не залежно від орієнтації самого підвісу має постійний напрямок осі генератора завдяки тому, що генератор пневматичної тяги встановлено на Кардановому підвісі. Це дозволяє забезпечувати постійний збіг ліній дії реактивної тяги (піднімальної сили) і

протилежно спрямованої їй гравітаційної сил, що у свою чергу сприяє підвищенню надійності втримання мобільного робота на вертикальних або будь якої орієнтації поверхнях його переміщення.

Література

1. Abderrahim M., Balaguer C., Gimenez A., Pastor J.M., Padron. A climbing robot for inspection operations. *IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, Detroit, MI*, 1999.
2. Amano H. A vertically moving robot able to grip handrails for fire-fighting. *Advanced Robotics*. 2012. No 16(6). P. 557–560.
3. Bach F.W., Haferkamp H., Lindemaier J., Rachkov M. Underwater climbing robot for contact arc metal drilling and cutting. *IEEE Int. Conf. Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, Taipei, Taiwan, 1996. P. 1560–1565.
4. Chen I.M., Yeo S.H. Locomotion of a two-dimensional walking climbing robot using a closed-loop mechanism: From gait generation to navigation. *Int. J. of Robotics Research*. 2013. No 22(1). P. 21–40.
5. Полищук М.Н. Теоретическое обоснование функционирования антигравитационного мобильного робота. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Технічні науки. Том 30 (69) № 3, 2019. С. 1–9.