

Елементи теорії проектування маніпуляторів із композитних матеріалів для наземних роботизованих комплексів спеціального призначення

В.Б. Струтинський¹, А.М. Гуржій²

1 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

2 – НАПН України, Київ, Україна

***Анотація:** Розроблені елементи теорії проектування маніпуляторів із композитних матеріалів призначених для використання в наземних роботизованих комплексах спеціального призначення. Запропоновані схемні рішення маніпуляторів та конструктивне виконання їх основних вузлів і елементів. Розроблені спеціальні шарніри та дистанційні приводи переміщення ланок маніпуляторів. Для забезпечення необхідних статичних і динамічних характеристик реалізовані спеціальні мехатронні модулі у вигляді мотор-редукторів, що винесені за межі маніпуляторів. Системи керування мотор-редукторів реалізовані на основі штучних нейронних мереж, що використовують результати математичного моделювання статички і динаміки маніпуляторів методами гвинтового числення. Розроблені маніпулятори суттєво підвищують функціональні можливості наземних роботизованих комплексів при їх роботі з небезпечними об'єктами.*

Ключові слова: роботизовані комплекси, маніпулятори, композити, дистанційні приводи, механізми, модулі, системи керування, штучні нейронні мережі, математичне моделювання, методи гвинтового числення.

Наземні роботизовані комплекси спеціального призначення використовуються для роботи з небезпечними об'єктами, зокрема з мінами різного виду.

Проблема в загальному вигляді полягає у розробленні наземних роботизованих комплексів придатних для роботи з небезпечними об'єктами.

В останніх дослідженнях і публікаціях [1] наведені різноманітні конструкції наземних роботизованих комплексів. Як правило, маніпулятори даних комплексів виготовлені із металевих матеріалів [2]. Це робить їх непридатними для роботи зі складними вибухонебезпечними об'єктами [3, 4]. Пропозицій по проектуванню маніпуляторів із неметалевих матеріалів для наземних роботизованих комплексів у літературних джерелах не виявлено. Встановлено, що до невирішених раніше частин загальної проблеми відносяться розроблення елементів теорії проектування маніпуляторів із неметалевих (композитних) матеріалів [5].

Метою досліджень поставлено розроблення елементів теорії проектування маніпуляторів із композитних матеріалів призначених для використання в наземних роботизованих комплексах спеціального призначення. Задачами досліджень поставлено обґрунтування схемних і конструктивних рішень маніпуляторів із композитних матеріалів, розроблення дистанційних приводів переміщення ланок маніпуляторів, в яких не застосовуються металеві деталі, та технологічні і апаратурні методи забезпечення необхідних параметрів жорсткості маніпуляторів даного типу.

В маніпуляторах із композитних матеріалів відсутні металеві шарніри, приводи та жорсткі конструкційні елементи. Тому їх схемні рішення відрізняються від традиційних. Запропоновані схемні рішення маніпуляторів важільного типу, важелі таких виконані із окремих конструктивних елементів коробчастого типу. Конструктивне рішення елементів коробчастого типу має каркасну схему із несучою оболонкою, внутрішніми поздовжніми ребрами та шпангоутами фасонного виду. Кінцеві частини важелів мають підсилення у вигляді вставок та сотового наповнювача. Важелі мають систему компенсації статичних деформацій із відповідними приводами встановленими на шасі наземного роботизованого комплексу. Дані технологічні методи дозволяють суттєво знизити масу важелів. Для взаємного переміщення важелів розроблені спеціальні шарніри із кераміки агреговані із дистанційними приводами

відносного переміщення ланок маніпуляторів. Приводи включають тяги мінімального поперечного перетину виготовлених із надміцних композитів (скловолокна) з'єднаних із зубчастими ременями, що забезпечують поворот і точну фіксацію взаємного поперечно-кутового положення важелів та функціонування захватного механізму маніпулятора. Дистанційні приводи мають мотор редуктори винесені за межі маніпулятора і встановлені на шасі наземного роботизованого комплексу.

Мехатронна система керування дистанційними приводами забезпечує компенсацію статичних деформацій протяжних кінематичних ланцюгів дистанційних приводів. При цьому досягається статична жорсткість системи приводів та кінематичних ланцюгів маніпулятора на рівні маніпуляторів, виконаних із металевих матеріалів.

Система керування дистанційними приводами має розвинений набір вимірювачів кінематичних та силових параметрів мотор-редукторів. Виміряні параметри аналізуються спеціальною штучною нейронною мережею, яка формує відповідні закони керування мотор-редукторами дистанційних приводів. Паралельно здійснюється математичне моделювання статичних та динамічних процесів переміщення ланок маніпулятора. Математична модель побудована на основі методів гвинтового числення адаптованих до задач статички та динаміки маніпуляторів виготовлених із композитних матеріалів. Теорія гвинтів узагальнює окремі положення статички та кінематики де використовується поняття динамічного гвинта (динами) та кінематичного гвинта (кінети) Узагальнений нормалізований математичний об'єкт у вигляді гвинта об'єднує два різнорідних векторних об'єкти або шість скалярних об'єктів. Доцільність застосування математичних об'єктів типу нормалізованого гвинта для дослідження характеристик маніпуляторів мобільних роботів ґрунтується на тому, що кожен елемент маніпулятора (схват, важіль, тощо) займає певне положення в просторі і може бути описаний шестивимірним вектором геометричних, кінематичних та динамічних параметрів. Якщо інтерпретувати шестивимірні вектори в термінах теорії гвинтів, то опис характеристик елементів маніпулятора буде являти собою набір взаємопов'язаних нормалізованих гвинтів, зв'язки між якими описують закономірності роботи маніпуляторів в статичних та динамічних режимах. Особливістю застосування методів гвинтового числення є можливість використання локальних систем координат, базиси яких також визначається в термінах теорії гвинтів. При цьому нівелюється необхідність введення і постійного використання базової основної системи координат.

Розроблені елементи теорії проектування маніпуляторів із композитних матеріалів дають можливість реалізувати маніпулятори наземних роботизованих комплексів, статичні і динамічні характеристики яких відповідають характеристикам металевих маніпуляторів. Запропоновані маніпулятори із композитних матеріалів є ефективними при застосуванні в роботизованих комплексах призначених для роботи з небезпечними об'єктами типу мін, що реагують на металеві предмети.

Список літератури:

1. Струтинський В.Б. Мобільні промислові роботи /Струтинський В.Б., Гуржій А.М./ Житомир: ПП «Рута», 2018 – 542 с.
2. Strutinsky V.B. Determination of development grounds and characteristics of mobile multi-coordinate robotic machines for materials machining in field conditions /V.B. Strutinsky, A.A. Hurzhii, O.V. Kolot, V.E. Polunichiev/ Науковий вісник Національного гірничого університету / Науково-технічний журнал №5 (155), 2016 (Дніпро), с.43-51.
3. Strutinsky V.B. Substantiating the requirements to functional indicators for the manipulators of mobile robotic demining complexes /V.B. Strutinsky, Kotsiuruba V., Dovhopoliy A., Husliakov O., Budianu R., Kolos O., Hrechka I. / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 (№5/7(101) 2019/ p.42-50.

4. Strutinsky V.B. Dynamic characteristics of a mobile robot manipulator built on the basis of a mechanism with parallel kinematic couplings /V.B. Strutinsky/ Зб. наукових праць «Сучасні технології в машинобудуванні», Харків, НТУ «ХПІ», 2018.– Вип.1 (13), с. 192-206.
5. The U.S. Army Robotic and Autonomus Systems Strategy. Maneuver, Aviation, and Soldier Division Army Capabilities Integration Center. March, 2017. 31 p. Available at: https://www.tradoc.army.mil/Portals/14/Documents/RAS_Strategy.pdf

Elements of the theory of designing manipulators from composite materials for ground robotic complexes for special purposes

V. Strutinsky, A. Hurzhii

***Abstract.** Elements of the theory of designing manipulators from composite materials intended for use in ground-based robotic complexes for special purposes have been developed. Circuit solutions of manipulators and constructive execution of their main components and elements are proposed. Special hinges and remote drives for moving links of manipulators have been developed. To ensure the required static and dynamic characteristics, special mechatronic modules are implemented in the form of geared motors that are outside the manipulators. Control systems of geared motors are implemented on the basis of artificial neural networks using the results of mathematical modeling of statics and dynamics of manipulators by helical calculus methods. The developed manipulators significantly increase the functionality of ground robotic complexes when they work with dangerous objects.*

Keywords: robotic complexes, manipulators, composites, remote drives, mechanisms, modules, control systems, artificial neural networks, mathematical modeling, methods of helical calculus.