

УДК 621.9.04

Дослідження маніпуляторів мобільних роботизованих комплексів побудованих на основі механізмів з паралельними кінематичними структурами**Стругинський С.В., Семенчук Р.В.**
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

***Анотація:** Розробка компактних маніпуляторів мобільних роботизованих комплексів, що мають значну несучу здатність та високу швидкодію є актуальною науково-технічною задачею. Традиційні технічні рішення маніпуляторів не забезпечують задовільні характеристики по точності, жорсткості та швидкодії. Механізми паралельної структури є прогресивним технологічним обладнанням, що дозволяє підвищити технічний рівень маніпуляторів при забезпеченні мінімальних габаритів та маси. Для виконання операцій по маніпулюванню об'єктами найбільш доцільно використовувати трьох координатні механізми, що зможуть забезпечувати переміщення об'єктів у виробничому приміщенні, або у польових умовах. Задача вирішується за допомогою компактних маніпуляторів, що містять три або більше ланки змінної довжини, що обладнані приводами. Маніпулятори такого типу займають невеликий об'єм, при цьому їх робочий простір є достатнім для виконання технологічних операцій. Підвищення жорсткості механізмів досягається шляхом використання чотирьох та більше штанг, обладнаних приводами. Таке схемне рішення децю ускладнює систему керування, оскільки потребує синхронізації при роботі приводів. Проте воно позитивно впливає не тільки на жорсткість системи, а і на точність при позиціонуванні та у динаміці.*

***Ключові слова:** мобільні роботи; схеми маніпуляторів; механізми з паралельними кінематичними структурами; трьох координатні механізми; робочий простір.*

В даний час розроблено значну кількість варіантів наземних роботизованих комплексів. Вони оснащені маніпуляторами важільного типу. Традиційні технічні рішення маніпуляторів не забезпечують задовільні характеристики по точності, жорсткості та швидкодії.

Розробка компактних транспортних засобів, оснащених маніпуляторами, що мають високу швидкодію є актуальною науково-технічною задачею. За умови мінімальних габаритів та маси найбільш перспективними є механізми паралельної структури [1].

Для виконання операцій маніпулювання у виробничих приміщеннях та у польових умовах найбільш доцільно використовувати трьох координатні механізми маніпуляторів [2]. Поставлена задача вирішується за допомогою компактних механізмів паралельної структури, що займають невеликий простір [3]. За необхідності у пересуванні об'єкта механізм приводиться у рух та виконує поставлені задачі. Відомі механізми, що використовуються для переміщення об'єктів виконанні по z-подібній схемі. Механізми, що виконані по такій схемі мають низьку вантажопідйомність та обмежені функціональні можливості при маніпулюванні об'єктами. Їх основними недоліками є низька жорсткість та невисока несуча здатність.

Для підвищення технічного рівня маніпуляторів наземних роботизованих комплексів було розроблено трьохкоординатний механізм паралельної структури, що може містити 3 або 4 або більше ланок змінної довжини, які через циліндричні кінематичні пари поєднані з нерухомою основою. Кількість штанг змінної довжини має бути не менше трьох, для забезпечення переміщення виконавчого робочого органу по трьом координатам. Якщо кількість штанг більше 3, то це веде до необхідності використання більш складних приводів, що дають можливість забезпечити синхронізацію рухів штанг механізму. Відповідно механізми, що містять більшу кількість штанг відрізняються більшою жорсткістю. Розроблений дослідний зразок маніпулятора мобільного роботизованого комплексу має основу на якій закріплено три направляючі. Ланки змінної довжини, що через циліндричні кінематичні пари поєднані із направляючими мають можливість обертатися навколо всієї направляючих та переміщуватися вздовж них. Функцію

циліндричних кінематичних пар у даному технічному рішенні виконують лінійні підшипники. Верхня рухома платформа з'єднується із ланками змінної довжини за допомогою обертальних кінематичних пар. У представленому механізмі цю функцію виконують радіально-упорні шарніри, які на відміну від нижніх циліндричних кінематичних пар забезпечують лише обертання. Зміна довжин ланок реалізується за допомогою передач гвинт-гайка, що приводяться в рух за допомогою крокових двигунів. На рухомій платформі розміщується виконавчий робочий орган. У якості виконавчого пристрою маніпулятора може застосовуватися пневматичний захватний пристрій, або вакуумний захват. У якості приводів можуть бути застосовані пневмо- або гідроциліндри, а також електродвигуни, що приводять у рух передачу гвинт-гайка. Допускається також встановлення телескопічних направляючих або приводів, що значно збільшуватимуть компактність пристрою та його робочий простір. При використанні електродвигунів, можливе їх встановлення на рухомій платформі, що забезпечує переміщення відносно рухомої платформи та зміну довжини ланок та значно збільшує швидкість системи.

У процесі робіт по розробці механізму була проведена дослідна апробація конструкції маніпулятора, та механізму у складі наземного роботизованого комплексу. Було визначено робочий простір, кінематичні та статичні характеристики механізму (Рис. 1).

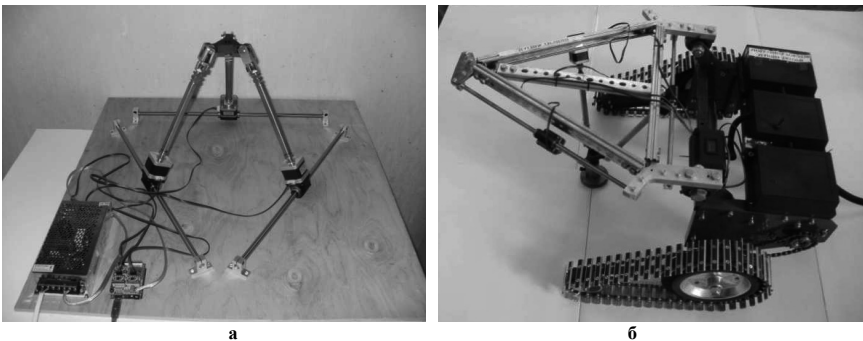


Рис. 1. Дослідний зразок маніпулятора мобільного роботизованого комплексу побудованого на основі механізму з паралельними кінематичними структурами: а - механізм паралельної структури; б – маніпулятор у складі наземного роботизованого комплексу.

Маніпулятор побудований на базі крокових двигунів, що не містять датчиків зворотнього зв'язку вимагає проведення калібрування перед початком роботи. Нерухома основа з'єднана із циліндричними направляючими які утворюють циліндричну кінематичну пару із основами штанг змінної довжини. У кінематичній парі використовуються лінійні кулькові підшипники, що забезпечують значну точність та низькі сили тертя. Відповідно кінематична пара має невеликі зазори, що усуває можливість заклинювання.

Вали крокових двигунів поєднані із гвинтами передач гвинт-гайка. Інша частина передачі гвинт-гайка при реалізації даної структурної схеми не може обертатися навколо своєї осі. Таким чином при обертанні валу крокового двигуна забезпечується зміна довжини штанги. Верхня частина передачі рухома, через обертальні кінематичні пари, поєднана із платформою на якій міститься виконавчий робочий орган (вакуумний захват).

Керування механізму забезпечується за допомогою системи ЧПК побудованої на основі програмованого логічного контролера. При використанні механізму, що містить три ланки змінної довжини немає необхідності у синхронізації змін довжин ланок, також система керування не потребує датчиків зворотнього зв'язку. Прототип дозволяє провести апробацію технічного рішення та дослідити його характеристики, зокрема робочий простір, точність позиціонування та динамічні властивості.

Провівши дослідження розробленого механізму паралельної структури були отримані результати, що показали перспективність розробленого схемного рішення. При застосуванні інноваційної елементної бази з'являються можливості по значному покращенню характеристик системи, зокрема по зменшенню габаритів пристрою та збільшенню його робочого простору, а встановлення спеціальних приводів веде до підвищення швидкодії системи.

Research of manipulators of mobile robotic systems constructed on the basis of mechanisms with parallel kinematic structures

Strutynskiy S., Semenchuk R.

***Annotation:** The development of compact manipulators of mobile robotic systems with significant capacity and high speed is an actual scientific and technical task. Traditional technical solutions for manipulators do not provide satisfactory characteristics for accuracy, rigidity and speed. Mechanisms of parallel structure are advanced technological equipment, which allows to increase the technical level of manipulators with the provision of minimum dimensions and masses. In order to perform operations for manipulating objects, it is most appropriate to use three coordinate mechanisms that can provide the movement of objects in the production premises or in field conditions. We solve the problem by compact manipulators containing three or more elements of variable length, equipped with drives. Manipulators of this type occupy a small volume, their working space is sufficient to perform technological operations. Increased rigidity of mechanisms is achieved by using four or more elements of variable length, equipped with drives. Such schematic solution requires a complex control system, because it need synchronization when operating drives. However, it positively affects to rigidity of the system and accuracy.*

***Keywords:** mobile robots; schemes of manipulators; mechanisms with parallel kinematic structures; three coordinate mechanisms; working space.*

Исследование манипуляторов мобильных роботизированных комплексов построенных на основе механизмов с параллельными кинематическими структурами

Струтинский С.В., Семенчук Р.В.

***Аннотация:** Разработка компактных манипуляторов мобильных роботизированных комплексов, имеющих значительную несущую способность и высокое быстродействие является актуальной научно-технической задачей. Традиционные технические решения манипуляторов не обеспечивают удовлетворительные характеристики по точности, жесткости и быстродействию. Механизмы параллельной структуры является прогрессивным технологическим оборудованием, позволяющим повысить технический уровень манипуляторов при обеспечении минимальных габаритов и массы. Для выполнения операций по манипулированию объектами наиболее целесообразно использовать трех координатные механизмы, которые смогут обеспечивать перемещение объектов в производственном помещении или в полевых условиях. Задача решается с помощью компактных манипуляторов, содержащих три или более звена переменной длины, оборудованных приводами. Манипуляторы такого типа занимают небольшой объем, при этом их рабочее пространство является достаточным для выполнения технологических операций. Повышение жесткости механизмов достигается путем использования четырех и более штанг, оборудованных приводами. Такое схемное решение несколько усложняет систему управления, поскольку требует синхронизации при работе приводов. Однако оно положительно влияет не только на жесткость системы, но и на точность при позиционировании и в динамике.*

***Ключевые слова:** мобильные роботы; схемы манипуляторов; механизмы с параллельными кинематическими структурами; трех координатные механизмы; рабочее пространство.*

Список літератури:

1. Струтинський С.В. Просторові системи приводів: Монографія / ав. Струтинський С.В., Гуржій А.А. – К.: Педагогічна думка, 2013. – 492 с.
2. Сяньвень Кун, Клемент Госселин Структурный синтез параллельных механизмов / Сяньвень Кун, Клемент Госселин – М.: Физматлит, 2012. – 275 с.
3. Strutynskiy S. Defining the dynamic accuracy of positioning of spatial drive systems through consistent analysis of processes of different range of performance / Scientific Bulletin of the National Mining University. – Dnipro, 2018 -№3. – pp.. 64 – 73.