

УДК 621.9.04-868

## Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами

Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Кравець О.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна;

***Анотація.** Розроблена концепція розвитку теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення. Встановлено вплив дорожніх умов на показники точності маніпуляторів. Шляхом математичного моделювання обґрунтовані параметри статичних і динамічних характеристик мобільних роботів. На цій основі розроблені рекомендації, що розвивають основні положення теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами.*

***Ключові слова:** мобільний робот; маніпулятор; проектування; концепція; дорожні умови; характеристики; математичне моделювання; рекомендації.*

Роботи по створенню маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення широко ведуться в Україні і за кордоном [1].

Виконано значний обсяг досліджень теоретичного та експериментального характеру, які стосуються розробки схемних рішень мобільних роботів [2]. Найявні окремі дослідження статичних характеристик, розроблені дослідні зразки мобільних роботів та проведена їх апробація [3].

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що в даний час відсутня теорія проектування мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами. Тому проблема в загальному вигляді полягає в розробленні теорії проектування мобільних роботів спеціального призначення.

До невирішених раніше частин загальної проблеми відноситься розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення.

Метою досліджень поставлено розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами.

Завданнями досліджень є розроблення концепції розвитку теорії проектування, встановлення впливу дорожніх умов, обґрунтування параметрів статичних і динамічних характеристик мобільних роботів та розроблення на цій рекомендацій по проектуванню маніпуляторів мобільних роботів.

Маніпулятори мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами встановлюються на рухомому шасі і являють собою складну динамічну систему (рис.1).

Обґрунтовано концепцію розвитку теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення. Запропоновано методи розділення процесів у роботах на дві групи – макропроцеси та мікропроцеси. Розроблено рекомендації по вибору геометричних параметрів маніпуляторів мобільних роботів. Здійснено вибір геометричних параметрів маніпуляторів.

Мобільний робот спеціального призначення переміщується по дорозі з нерівностями. Це приводить до зміни просторового положення шасі (рис.2а), а відповідно і маніпулятора, що встановлений на шасі.

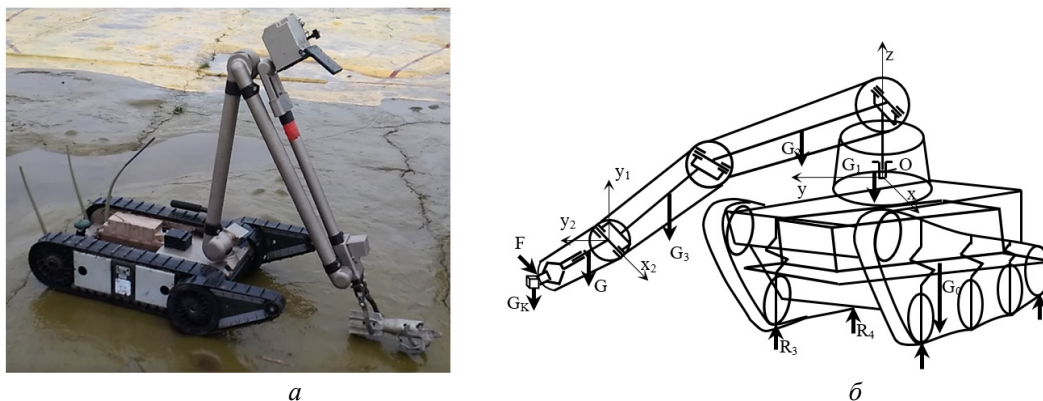


Рис.1 . Мобільний робот спеціального призначення, адаптований для роботи з небезпечними об'єктами (а) та динамічна модель маніпулятора (б)

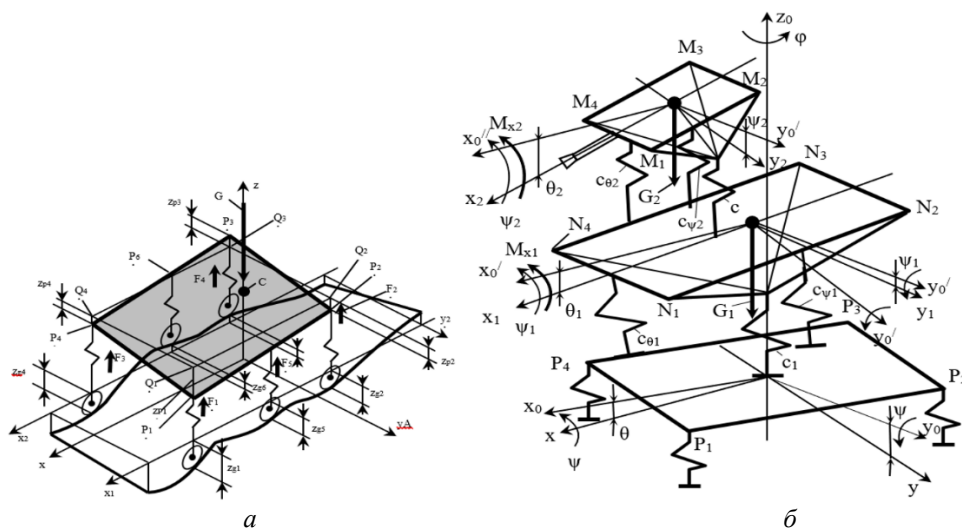


Рис. 2. Схема зміни положення шасі мобільного робота при його переміщенні по дорозі з нерівностями (а) та просторові деформації окремих складових робота (б)

В результаті проведених досліджень запропоновані теоретичні моделі для опису стохастичних плавно змінних та різко змінних ізольованих та періодичних мікро- і макронерівностей дорожнього полотна і бездоріжжя. Визначено параметри стохастичного взаємозв'язку нерівностей дороги по окремій та двох взаємопов'язаних коліях дорожнього полотна. Встановлено вплив нерівностей дороги на фактичне положення маніпулятора.

Обґрунтовані регламенти статичних характеристик маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення. Розроблені методи теоретичних розрахунків статички маніпуляторів із проведенням експериментальних досліджень.

Визначено матричні характеристики просторової жорсткості пружної системи мобільного робота при просторових переміщеннях (рис.2б).

Розроблені методи поліпшення кінематичних характеристик маніпуляторів мобільних роботів. Проведено синтез раціональних траєкторій із застосуванням гармонічних рядів. Визначено кінематичні параметри мікропереміщень виконавчих органів маніпуляторів мобільних роботів на ділянках з особливостями траєкторій.

Розроблено нові підходи до забезпечення необхідних динамічних характеристик маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення. Для дослідження динаміки

маніпуляторів використані комплексні методи математичного моделювання випадкових динамічних процесів у маніпуляторах із використанням стохастичних математичних моделей (рис.3а).

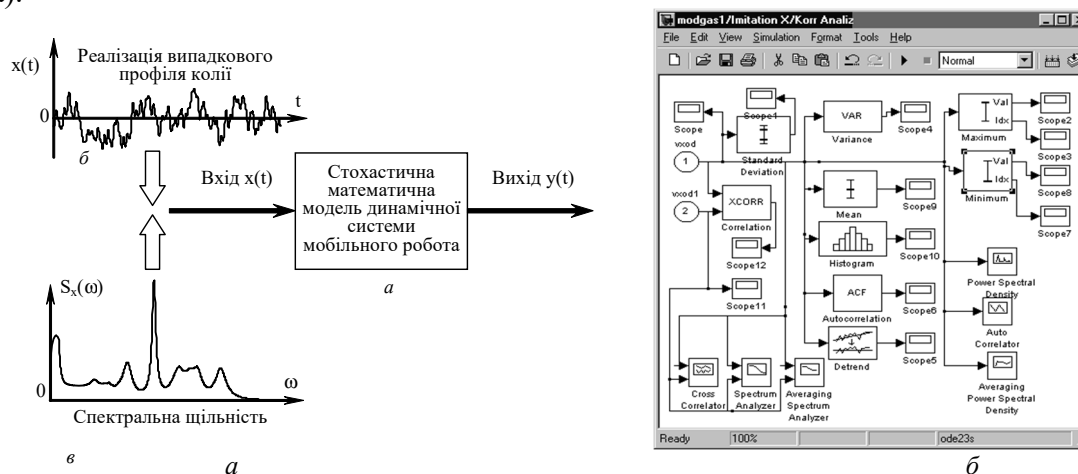


Рис. 3. Визначення динамічних характеристик маніпуляторів мобільних роботів із використанням стохастичних математичних моделей (а) та оброблення результатів математичного моделювання (б)

В результаті математичного моделювання досліджені динамічні характеристики маніпуляторів. Вони є основою для розроблення рекомендацій по вдосконаленню схемних і конструктивних рішень маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення.

В результаті проведених робіт розроблено рекомендації по вдосконаленню схемних і конструктивних рішень маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення. В своїй сукупності розроблені рекомендації являють собою розвиток основних положень теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення, які плануються до застосування при роботі з небезпечними об'єктами.

Проведені дослідження є основою розвитку спеціальної робототехніки в Україні. Результати робіт мають суттєве значення для підвищення обороноздатності держави.

#### Список літератури

1. Чепков І.Б. Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу /І.Б. Чепков, А.С. Довгополий, О.М. Гусяков // Озброєння та військова техніка. - Київ: ЦНДІ ОВТ. - 2019. - №3 (23).- С. 16-25.
2. Strutynsky V., Hurzhii A., Kozlov L. Determination of static equilibrium conditions of a mobile terrestrial robotic complex / Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, №5 (2019). DOI: 10.29202/nvngu/2019-5/7.
3. Kot Tomas, Novak Petr Application of virtual reality in teleoperation of the military mobile robotic system TAROS / International journal of advanced robotic systems, January-February 2018., pp. 1-6.

## Development of the basic provisions of designing manipulators of mobile robots of special purpose, adapted for robots with dangerous objects

Strutynsky V., Yurchyshyn O., Kravets O.

*The concept of development of the theory of design of mobile robots for special purposes has been developed. The influence of road conditions on the accuracy of manipulators has been established. Parameters of static and dynamic characteristics of mobile robots are substantiated by means of mathematical modeling. On this basis, Recommendations have been developed, which develop the main provisions of the theory of designing manipulators of mobile robots for special purposes, adapted to work with hazardous objects.*

*Keywords. mobile robot, manipulator, design, concept, road conditions, characteristics, mathematical modeling, recommendations*