

## ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ

### Найменування розробки.

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

Development of the basic principles of designing manipulators of mobile robots of special purpose adapted for work with dangerous objects

**Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті** - 0119U100709, 2222п

**Науковий керівник** (вчений ступінь, звання) - д.т.н., проф. Струтинський Василь Борисович, Strutinsky Vasyl

### Суть розробки, основні результати.

Запропонована концепція розвитку теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів на основі висунутої ідеї про розділення процесів на різноманітні групи – макропроцеси та мікропроцеси. Застосовані ефективні теоретичні методи досліджень робочих процесів на основі стохастичних тензорних полів, узагальнених функцій та гвинтового числення, адаптованих до задач дослідження маніпуляторів мобільних роботів.

Здійснено розвиток теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення у напрямку вдосконалення їх геометричних, силових статичних, кінематичних та динамічних характеристик. Обґрунтовано суттєве підвищення точності маніпуляторів із врахуванням параметрів небезпечних об'єктів, впливу різноманітних дорожніх умов та динамічних процесів випадкового характеру, що мають місце в маніпуляторах мобільних роботів.

Визначені динамічні навантаження на мобільні роботи при пострілі та при чергах пострілів. Враховані процеси обумовлені просадкою ґрунту та факторами, що визначають живучість військових роботів при дії на них ударних навантажень.

Встановлені особливості робочих процесів гусеничного рушія та надані рекомендації по компенсації негативного впливу приводів ходової частини на показники динамічної точності та ефективності маніпуляторів мобільних роботів.

Теоретичні положення підтверджені розробленням і апробацією ряду експериментальних зразків мобільних роботів зокрема :з маніпулятором важільного типу; з оптичною системою точного позиціонування; з маніпулятором на основі механізмів з паралельними кінематичними структурами.

The concept of development of the theory of designing of manipulators of mobile robots on the basis of the put forward idea of division of processes into various groups - macroprocesses and microprocesses is offered. Effective theoretical methods of research of working processes on the basis of stochastic tensor fields, generalized functions and screw calculus adapted to the tasks of research of mobile robot manipulators are applied.

The theory of design of manipulators of mobile robots of special purpose in the direction of improvement of their geometrical, force static, kinematic and dynamic characteristics is developed. A significant increase in the accuracy of manipulators is justified, taking into account the parameters of dangerous objects, the impact of various road conditions and dynamic random processes that occur in the manipulators of mobile robots.

Dynamic loads on mobile works during firing and during bursts are determined. The considered processes are caused by subsidence of the soil and the factors determining the survivability of military robots under the action of shock loads on them.

Features of working processes of the caterpillar propulsion are established and recommendations on compensation of negative influence of drives of a running gear on indicators of dynamic accuracy and efficiency of manipulators of mobile robots are given.

Theoretical positions are confirmed by development and approbation of a number of experimental samples of mobile robots. In particular: with the manipulator of lever type; with optical positioning system; with a manipulator based on mechanisms with parallel kinematic structures.

**Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності** (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право).

1. Патент України на корисну модель №140446. Мобільний робототехнічний комплекс з дистанційним керуванням МПК В25J 5/00, F41H 13/00 / Струтинський В. Б., Гуржій А. М., Вакуленко С. Ю., Новак В.В., заявл. 18.07.2019, опубл. 25.02.2020, бюл. № 4.
2. Патент України на корисну модель № 132598. Затискний патрон, МПК В23В 31/30 / Новік М., Юрчишин О. / заявл. 06.04.2018, опубл. 11.03.2019, бюл. № 5.
3. Патент України на винахід № 120668. Крокуючий пристрій мобільного робота, МПК В62D 57/032 / Струтинський В.Б.; Юрчишин О.Я.; Бондаренко Н.Б.; Келавець Ю.Р. / опубл. 10.01.2020, бюл. № 1
4. Мобільний робототехнічний комплекс з дистанційним керуванням / Струтинський В. Б., Гуржій А. М., Вакуленко С. Ю., Новак В.В., заявка на винахід а201908587 від 18.07.2019.
5. Патент України на корисну модель №139431 Збірний ріжучий інструмент Кравець В. О. Литвин О. В. Кравець О. М. Кисиленко В. К. опубліковано 10.01.2020, бюл. № 1/2020.
6. Пристрій імітації віддачі при пострілі / Струтинський Василь Борисович, Гуржій Андрій Миколайович, Юрчишин Оксана Ярославівна. Заявка на винахід а202104726 від 18.08.21

**Порівняння зі світовими аналогами.** *Робота відповідає світовому рівню.*

**Економічна привабливість для просування на ринок** (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

-

**Потенційні користувачі.** Підприємства оборонної галузі

**Стан готовності розробки.** Виготовлено ряд експериментальних зразків мобільних роботів з маніпуляторами різного виду, TRL 5.

**Існуючі результати впровадження.** Результати роботи впроваджено в Державному науково-дослідному інституті випробування і сертифікації озброєння і військової техніки (м. Чернігів), що підтверджено відповідними актами впровадження.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес у новому лекційному курсі «Мобільні наземні роботизовані комплекси», введено новий розділ в лекційний курс «Промислові роботи», оновлено матеріали лекційних курсів «Математичне моделювання систем та процесів», «Основи математичного моделювання», «Теорія автоматичного керування», «Пристрої керування машин».

**Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

кафедра Конструювання машин, 204-94-61, kvm\_mmi@ukr.net

## Фото



*Колісний модуль шасі мобільного робота*



*Гусеничний модуль шасі мобільного робота з маніпулятором на основі механізмів з паралельними кінематичними структурами.*



*Бойовий модуль роботизованого комплексу*



*Мобільний робот з оптичною системою на основі телескопічної штанги*



*Маніпулятор важільного типу мобільного робота*

**Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі: монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).**

1. 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.  
<http://journals.uran.ua/eejet/article/view/178466>  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1021/1/012049>
2. Determination of static equilibrium conditions of a mobile terrestrial robotic complex / ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362/ V.B. Strutinsky, Hurzhii A., Kozlov L/ Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2019, № 5, pp. 119-126.  
<http://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1806-2019/contens-5-2019/geotechnical-and-mining-mechanical-engineering-machine-building/5001-determination-of-static-equilibrium-conditions-of-a-mobile-terrestrial-robotic-complex>
3. Design of parallel link mobile robot manipulator mechanisms based on functionoriented element bas / Strutynskiy, S., Nochnichenko, I. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 4(7-100), pp. 54–64.  
<http://journals.uran.ua/eejet/article/view/174613>
4. Fundamentals of CAD Desigh of Rotary Miling Cutters for Multitooth Products /Natalia Ravska, Alexander Klochko, Oleksiy Ivanovskiy, Vyacheslav Vovk and Valerya Parnenko/ Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering - pp.65-74. doi:10.1007/978-3-030-50794-7\_7  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-50794-7\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-50794-7_7)
5. Mathematical modeling of dynamic loads on the ground robotic complex of special purpose / V B. Strutinsky, A. M. Gurzhii and O. Y. Yurchyshyn.  
[IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1021, International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport \(EET 2020\) 18th-20th November, Kharkiv, Ukraine 7 pages](https://www.researchgate.net/publication/348632878_Determination_of_the_influence_of_soil_irregularities_on_dynamic_processes_in_caterpillar_engines_of_a_terrestrial_robotic_complex)
6. Triangular optical system of precise positioning of the ground robotic. Strutynsky V.B., Kyrychok T.Yu., Oliynyk V.G. Fifteenth International Conference on Correlation Optics, Volume 11369, 16-19 September 2021 Chernivtsi, Ukraine. p.p. 212-219.  
<http://icco.chnu.edu.ua/2021/09/15/triangular-optical-system-of-precise-positioning-of-ground-robotic-complexes/>
7. Modeling of Pseudoharmonic Oscillations of Vibration Container with Working Mixture / Symoniuk, V., Denysiuk, V., Lapchenko, Y., Strutinsky, V., Permyakov, A. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021, pp. 176–185  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-68014-5\\_18](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-68014-5_18)
8. General procedure for determining the geometric parameters of tools in the technological systems involving machining by cutting /S. Botvinovska, G. Getun, A. Zolotova, I. Korbut, T. Nikolaenko, V. Parnenko, R. Rodin/ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 1 No. 1 (109) (2021). p.p. 6-12.  
<http://journals.uran.ua/eejet/article/view/224897>
9. Strutinsky S., Semenchuk R.V. Determination of the influence of soil irregularities on dynamic processes in caterpillar engines of a terrestrial robotic complex / January 2021 IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1021(1):012050  
[https://www.researchgate.net/publication/348632878\\_Determination\\_of\\_the\\_influence\\_of\\_soil\\_irregularities\\_on\\_dynamic\\_processes\\_in\\_caterpillar\\_engines\\_of\\_a\\_terrestrial\\_robotic\\_complex](https://www.researchgate.net/publication/348632878_Determination_of_the_influence_of_soil_irregularities_on_dynamic_processes_in_caterpillar_engines_of_a_terrestrial_robotic_complex)
10. Ключко О.О., Юрчишин О.Я., Семінська Н.В., Охріменко О.А. Функціональний зв'язок умов обробки з параметрами стану поверхні зубів рейок / Mechanics and Advanced Technologies. - №87(3).– 2019. – С. 91-99.  
<http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/190548>

11. Application of hydraulic automation equipment for the efficiency enhancement of the operation elements of the mobile machinery/V. Strutinsky, L. Polishchuk, L. Kozlov, Yu. Burennikov, V. Kravchuk/ Publisher Politechnika Lubelska, Journal: Informatyka, Automatyka, Pomiarzy w Gospodarce i Ochronie Środowiska 2019, Volume 9, nr 2, p. 72-78  
DOI: 10.5604/01.3001.0013.2553.  
<https://ph.pollub.pl/index.php/iapgos/article/view/772>
12. Новік М. Розробка і дослідження телескопічного комбінованого приводу з цифровим керуванням / Микола Новік, Оксана Юрчишин /Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Volume 7, No 1/2019/ p.68-72.  
<http://repository.vsau.org/getfile.php/24788.pdf>
13. Nochnichenko I. The character of the transfer phenomenon in the work processes of the hydraulic damper / I. Nochnichenko, O. Jakhno, I. Liberatskyi // Journal of the Technical University of Gabrovo, #59 (2019) I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 58 –61.  
<http://izvestia.tugab.bg/index.php?m=20&tom=17>
14. Ночніченко І.В., Яхно О.М. Інформаційно-енергетичний підхід до вирішення задач гідродинаміки та механотроніки в процесах переносу енергії/ Mechanics and Advanced Technologies 1 (88), 2020. – стр.38-48. doi: 10.20535/2521-1943.2020.88.195505.  
<http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/195505>
15. Strutinsky S. Semenchuk R. Investigation of the accuracy of the manipulator of the robotic complex constructed on the basis of cycloidal transmission / Technology audit and production reserves / Vol. 4 No. 1(60) (2021): Industrial and technology systems  
<http://journals.uran.ua/tarp/issue/view/14355>
16. Strutynskyi S., Semenchuk R. Mathematical Modeling Of Dynamic Processes Of The Terrestrial Robotic Complex Manipulator / Journal of the Technical University of Gabrovo, 60 (2021). Gabrovo, Bulgaria, pp. 65 –68.  
<http://izvestia.tugab.bg/index.php?m=20&tom=19>

#### **Надати ключові слова до розробки**

мобільний робот, маніпулятор, теорія проектування, концепція, мікропроцеси, макропроцеси, геометрія, позиціонування, точність, дорога, нерівності, випадкові переміщення, статика, жорсткість, кінематика, динаміка, інертність, тензорні характеристики, сферичні рухи, навантаження, постріли, живучість, гусеничний рушій, ходова частина, рекомендації