

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-388-0-15>

WALKING MOBILE ROBOT FOR MAINTENANCE OF PARK TREES

КРОКУЮЧИЙ МОБІЛЬНИЙ РОБОТ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАРКОВИХ ДЕРЕВ

Polishchuk M. M.

*Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Information Systems
and Technologies,
National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine*

Поліщук М. М.

*доктор технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних
систем та технологій,
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

Тkach M. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Information Systems
and Technologies,
National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine*

Ткач М. М.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних
систем та технологій,
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

Вступ. Сучасна техніка для профілактичного обслуговування масивів лісового й паркового господарств у вигляді лісових комбайнів та автотракторних механізованих причепів вимагає безпосередньої участі людини у виконанні технологічних операцій на відміну від засобів мобільної робототехніки, коли оператору надаються тільки функції дистанційного керування. Крім того, застосування традиційних машин із двигунами внутрішнього згорання призводить до забруднення навколишнього середовища та не сприяє дотриманню вимог екологічної чистоти.

В роботі запропонована принципово нова конструкція та методика розрахунку динамічних параметрів мобільного робота для обрізки дерев, що дозволяє здійснити перехід до безпосереднього проектування прототипів таких роботів. Загальнонаукове значення статті полягає в

тому, що вперше надана динамічна модель функціонування мобільного робота для обслуговування дерев незалежно від їх породи та топології.

Передумови та засоби вирішення проблеми. Інтенсивна механізація та автоматизація підприємств агропромислового комплексу надає все більшу актуальність розробкам технологічного обладнання с дистанційним управлінням. Зокрема впровадження роботизованих засобів викликає не аби який інтерес. Відомий робот [1, с. 10–11], який має здатність переміщення безпосередньо по стовбуру дерева. Достатньо маневровим є мобільний робот [2, с. 38–39], здатний виконувати діагностику дерев із застосуванням відеоспостереження, але не силових технологічних операцій, таких як обрізання гілок дерев, бактеріальних наростів, тощо. Виконання подібних силових операцій притаманно роботів [3, с. 2], який має самогальмуючі пристрої для запобігання зриву робота зі стовбура дерева у разі аварійного знеструмлення його приводів. Достатньо ефективними є технічні рішення мобільного робота для збирання горіхів та обприскування дерев [4, с. 3], робота [5, с. 2] для розпилення пестицидів на деревах, а також мобільного робота [6, с. 3–5] для переміщення та обрізки дерев. Але слід зауважити, що в вказаних публікаціях відсутні будь-які методики розрахунки динамічних параметрів виконавчих органів, що, в свою чергу, перешкоджає їх проектуванню. Динамічна модель крокуючого робота надана в роботі [7, с. 36–38], але тільки відносно робота з пласко паралельним переміщенням. В роботі [8, с. 33] надана динамічна модель такого робота, а в дослідженнях [9, с. 16] представлена система керування антропоморфної руки робота. Але слід зауважити, що антропоморфні конструкції, не дивлячись на їх універсальність, поступаються таким показником як вантажопідйомність. Динамічна модель Climbing Robot для вертикального переміщення по панелях висотного будинку запропонована авторами роботи [10, с. 436]. Різноманітні конструкції мобільних роботів довільної орієнтації представлені в роботі [11, с. 35–37], але ці конструкції не придатні для переміщення по деревах.

Розв'язання задачі. *3.1. Конструкція мобільного робота.* Мобільний робот працює наступним чином. У початковому положенні (рис. 1) захватні пристрої А і D, які розташовані по діагоналі верхньої та нижньої платформ, зчеплені зі стовбуром дерева, а захватні пристрої В і С вільні від зчеплення. По командах системи дистанційного керування включають двигуни D_1 зубчато-рейкових передач, що жорстко з'єднані з корпусом робота по діагоналі. У результаті верхня та нижня платформи роблять переміщення $\pm\Delta Z$ у напрямку осі Z у системі координат XYZ відносно стовбура дерева.

Для виконання наступного кроку руху робота зі стовбуром дерева зчіплюються захватні пристрої В і С, а захвати А і D звільнюються від

зчеплення. Для продовження поступального руху викладений цикл повторюється при зчепленні попарно діагонально розташованих захватних пристроїв А, D і B, C. Одночасно з поступальним переміщенням робота уздовж дерева, залежно від топології його стовбура, здійснюють кутівий рух стегна і гомілки (рис. 1) ніг робота.

3.2. *Динамічна модель робота.* Розглянемо динаміку руху платформи мобільного робота. Запишемо диференціальне рівняння цього руху коли робот здійснює поступальний рух у вертикальному напрямку.

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{2M}{d_1} - mg, \quad (1)$$

де: $m = m_{\text{п}} + 2m_c + 2m_r + 2m_z$, $m_{\text{п}}$ – маса платформи, m_c – маса стегна, m_r – маса гомілки, m_z – маса захвата, кг; d_1 – діаметр (м) шестерні (дивись рис. 1, яка входить у зачеплення з зубчатою рейкою; $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ – прискорення земного тяжіння; M – крутний момент (Нм), який створює двигун D_1 зубчато-рейкової передачі лінійного приводу робота. Інтегруємо рівняння (1) і одержуємо формули для знаходження швидкості і переміщення платформи у довільний момент часу t :

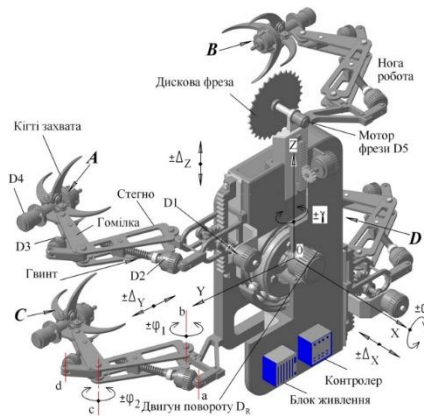


Рис. 1. Мобільний робот для обрізки дерев

$$\begin{aligned}
 V(t) &= \begin{cases} (\frac{2M_1}{md_1} - g)t; & (\frac{2M_1}{md_1} - g)t_1 + (\frac{2M_2}{md_1} - g)(t - t_1); & 0 \leq t \leq t_1; & t_1 \leq t \leq t_2 \end{cases} \\
 z(t) &= \begin{cases} (\frac{2M_1}{md_1} - g)t^2 / 2; & (\frac{2M_1}{md_1} - g)t_1(t - t_1 / 2) + (\frac{2M_2}{md_1} - g)(t - t_1)^2 / 2; & 0 \leq t \leq t_1; & t_1 \leq t \leq t_2 \end{cases}
 \end{aligned} \quad (2)$$

Якщо наперед задатись значеннями t_2 і t_1 , то з рівнянь (2) можна знайти значення моментів M_1 і M_2 , які забезпечать переміщення платформи на задану величину S_l за заданий час t_2 :

$$M_1 = \frac{mgd_1}{2} + \frac{S_l md_1}{\eta t_2^2}; \quad M_2 = \frac{mgd_1}{2} - \frac{S_l md_1}{(1 - \eta)t_2^2}; \quad t_1 = \eta t_2; \quad 0 < \eta < 1 \quad (3)$$

Висновки. В результаті виконаних досліджень створена принципово нова конструкція мобільного робота та його динамічна модель для надійного руху та утримання робота на деревах незалежно від їх породи та топології при виконанні силових операцій обрізки бактеріальних наростів та гілок дерев паркових міських масивів.

Література:

1. Saunders A., Goldman D.I., Fullb R.J., Buehler M. The RiSE Climbing Robot: Body and Leg Design. Boston Dynamics, Unmanned Systems Technology VIII 2005; Vol. 6230: p. 1–13.
2. Tin Lun Lam, Yangsheng Xu. Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning. Springer Heidelberg, New York, 2012, pp. 37–46.
3. Mobile robot for pruning trees: Pat. 119633 Ukraine: Int. Cl. A01G 23/00. No a201901310; Filed: 11/02/2019; publ. 10/07/2019, Bul. № 13. 4 p.
4. Mittal, R., Varada, V. R., Dave, S., Khanna, A., Korpu, R., & Tilak, S. (2015). Semi-autonomous arecanut tree-climbing robot. In *9th International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIIS 2014* [7036657] Institute of Electrical and Electronics Engineers
5. Bhat A. G. Arecanut Tree-Climbing and Pesticide Spraying Robot using Servo Controlled Nozzle. 2019 Global Conference for Advancement in Technology (GCAT), Bangaluru, India, 2019, pp. 1-4, DOI: 10.1109/GCAT47503.2019.8978452.
6. P. Soni Devang, Gokul N.A., M. Ranjana, S. Swaminathan, B. Nair Binoy. Autonomous arecanut tree climbing and pruning robot. Interact, 2010.
7. Polishchuk M.N., Oliinyk V.V. Dynamic Model of a Stepping Robot for Arbitrarily Oriented Surfaces. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II*.

ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham, vol. 938, 2020. P. 32–42.

8. Polishchuk M., Tkach M. Mobile Robot with an Anthropomorphic Walking Device: Design and Simulation. FME Transactions. Volume 48, № 1, 2020. P. 13–20.

9. Mirko Rakovich, Govind Anilc, Zivorad Mihajlovich, Srdan Savich, Siddhata Naikc, Branislav Borovaca and Achim Gottscheber. Design of an Underactuated Adaptive Robotic Hand with Force Sensing. Conference: 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering. Zlatibor, Serbia, 13-16 June 2016, pp. ROI1.4-1–ROI1.4

10. Zhang H., Zhang J., Liu R., Zong G. Mechanical Design and Dynamics of an Autonomous Climbing Robot for Elliptic Half-shell Cleaning. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2007. № 4. C. 437–446.

11. Dethle R.D., Jaju S.B. Developments in Wall Climbing Robots: A Review. International Journal of Engineering Research and General Science. Volume 2, Issue 3, 2014. P. 35–37.