

У Цюе, аспирант, 2177223630@qq.com, М. Ю. Рачков, д-р техн. наук, проф., michyur@gmail.com, Московский политехнический университет

Расчет и оптимизация работы механизма реконфигурации колесно-гусеничного мобильного робота

Рассмотрена актуальная задача создания транспортного автономного робота для работы в неструктурированной среде и в условиях чрезвычайных ситуаций. Конструкция робота содержит комбинированную систему движителей, состоящую из трансформируемых гусеничных и колесных групп, которая позволяет перемещаться по различным видам поверхностей, включая условия урбанистического окружения, где необходимо преодолевать препятствия сложной конфигурации, включая лестничные марши. Движение по ровной поверхности осуществляется только колесными группами с втянутыми выдвижными элементами при поднятых гусеничных группах, что обеспечивает повышенную скорость движения устройства. Движение по неровной поверхности осуществляется только гусеничными группами, при этом колесные движители подняты, что обеспечивает повышенную проходимость по сравнению с ровной поверхностью. Лестничные марши и препятствия сложной геометрической формы могут преодолеваться при одновременном использовании колесных и гусеничных групп, при этом угол положения колесных групп относительно гусеничных групп при реконфигурации робота определяется размерами и формой ступеней лестничного марша и препятствий. Блок реконфигурации робота выполнен в виде рычажного устройства с электрическими цилиндрами, имеющего возможность самоблокировки. Он реализует переключение колесного и гусеничного режимов движения робота, а также подъем колесной группы на требуемый угол при преодолении препятствий. Проведен анализ конструкции и расчет рычажного механизма колесно-гусеничной мобильной платформы. Разработана кинематическая модель блока реконфигурации. Получены соотношения между углами и длинами рычагов, а также взаимосвязь между угловой скоростью перемещения рычагов и скоростью движения толкателя электрического цилиндра рычажного механизма. Оптимизация работы блока реконфигурации проведена путем создания его математической модели для программирования в пакете MATLAB. Определена целевая функция и ограничения на работу системы. В результате моделирования получены улучшенные механические характеристики блока реконфигурации, дающие возможность более точного управления при снижении требуемых усилий исполнительного механизма.

Ключевые слова: транспортный робот, колесно-гусеничная конструкция, блок реконфигурации, рычажный механизм, кинематическая модель, оптимизация

Введение

В условиях чрезвычайных ситуаций, например при пожарах, и при проведении опасных для человека операций, таких как разминирование, необходимо доставить соответствующее технологическое, инспекционное или спасательное оборудование в рабочую зону в автоматическом режиме. Удобным решением задачи является использование транспортных роботов, имеющих соответствующее оборудование на своем борту.

Схемы транспортных автономных платформ для работы в неструктурированной среде и в чрезвычайных ситуациях, в частности для операций разминирования, рассматривались в работах [1–4]. Существуют транспортные роботы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций, имеющие гусеничные группы и платформу для установки бортового оборудования [5–8]. Эти роботы имеют возможность перемещения в неизвестных или внедорожных условиях, однако не могут преодолевать препятствия, в частности, сравнимые с высотой гусеничных групп, а также

не в состоянии перемещаться по ступенькам лестничного марша. Из-за отсутствия колес они обладают низкой скоростью движения по ровным поверхностям, что часто необходимо для самостоятельного быстрого попадания робота в зону проведения работ с места дислокации по магистралям.

Эти недостатки отсутствуют в колесно-гусеничных конструкциях мобильных роботов, которые позволяют перемещаться по различным видам поверхностей, включая условия урбанистического окружения, где необходимо преодолевать препятствия сложной конфигурации, например лестничные марши [9]. Такие роботы имеют возможность двигаться на ровных поверхностях со скоростью, превышающей скорость перемещения транспортных средств, оборудованных движителями только гусеничного типа, а также сохраняют ресурс гусеничных траков, подверженных износу при движении по твердым поверхностям, таким как асфальт или бетон. При этом не повреждаются сами магистрали. Эти конструкции обладают широкими возможностями для движения по пересеченной местности со сложным

рельефом, а также для преодоления препятствий различной формы, в том числе с высотой большей, чем высота гусеничных групп.

В настоящее время разрабатываются различные механизмы реконфигурации автоматических систем, в частности, в Шэньянском институте автоматизации в Китае [10–21]. Однако структура этих механизмов сложная и трудно управляемая, что снижает надежность функционирования робота. В данной работе предлагается использовать блок для реконфигурации робота в виде шарнирного устройства с электрическими цилиндрами, которое дает возможность гибкого и надежного управления движением робота в зависимости от конкретной ситуации.

Конструкция мобильного робота

Конструкция робота содержит комбинированную систему движителей, состоящую из трансформируемых гусеничных и колесных групп (рис. 1, см. третью сторону обложки).

Робот имеет два гусеничных движителя, расположенных по бокам платформы для оборудования, и два колесных движителя, установленных спереди и сзади платформы между гусеничными группами [4]. Блок реконфигурации позволяет трансформировать робота для преодоления различных препятствий (рис. 2, см. третью сторону обложки). Движение по ровной поверхности осуществляется только колесными группами с втянутыми выдвижными элементами при поднятых гусеничных группах, что обеспечивает повышенную скорость движения устройства (рис. 2, а). Движение по неровной поверхности осуществляется только гусеничными группами (рис. 2, б), при этом колесные движители подняты, что обеспечивает повышенную проходимость по сравнению с ровной поверхностью. Лестничные марши и препятствия сложной геометрической формы могут преодолеваться при одновременном использовании колесных и гусеничных групп, при этом угол положения колесных групп относительно гусеничных групп определяется размерами и формой ступеней лестничного марша и препятствий (рис. 2, в).

Блок реконфигурации робота

Блок реконфигурации робота, выполненный в виде шарнирного устройства с электрическими цилиндрами, показан на рис. 3.

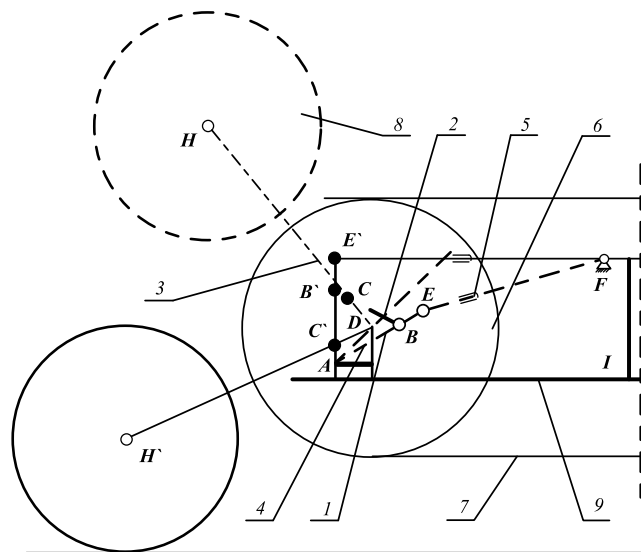


Рис. 3. Блок реконфигурации робота:

1 — поворотный рычаг; 2 — шатун; 3 — колесный рычаг; 4 — основание; 5 — электрический цилиндр; 6 — колесо гусеничной группы; 7 — гусеница; 8 — колесо колесной группы; 9 — платформа робота

Fig. 3. Robot reconfiguration block:

1 — swing lever; 2 — connecting rod; 3 — wheel lever; 4 — base; 5 — electric cylinder; 6 — track wheel; 7 — caterpillar; 8 — wheel of the wheel group; 9 — robot platform

Когда режим движения переключается с гусеничного на колесный, толкатель электрического цилиндра выдвигается, толкая поворотный рычаг и организуя вращение вокруг точки A. Поворотный рычаг приводит в движение шатун, который толкает колесный рычаг. После того как толкатель полностью выдвинут, поворотный рычаг находится в вертикальном положении. В это время шатун блокирует рычажное устройство. Вибрации при движении робота воспринимаются шатуном в вертикальном направлении, что предотвращает повреждение электрического цилиндра. Когда режим движения переключается с колесного на гусеничный, толкатель электрического цилиндра втягивается, и последовательность движения меняется на обратную. После завершения движения рычажное устройство снова блокируется.

Упрощенная кинематическая модель механизма показана на рис. 4.

В системе координат $x'Ay'$ обозначим длину поворотного рычага l_{AB} , длину шатуна l_{BC} , длину колесного рычага l_{DC} и расстояние между поворотными сочленениями l_{AD} . Для этих значений запишем замкнутое векторное уравнение:

$$l_{AB}e^{i\varphi_1} + l_{BC}e^{i\varphi_2} = l_{AD} + l_{DC}e^{i\varphi_3}, \quad (1)$$

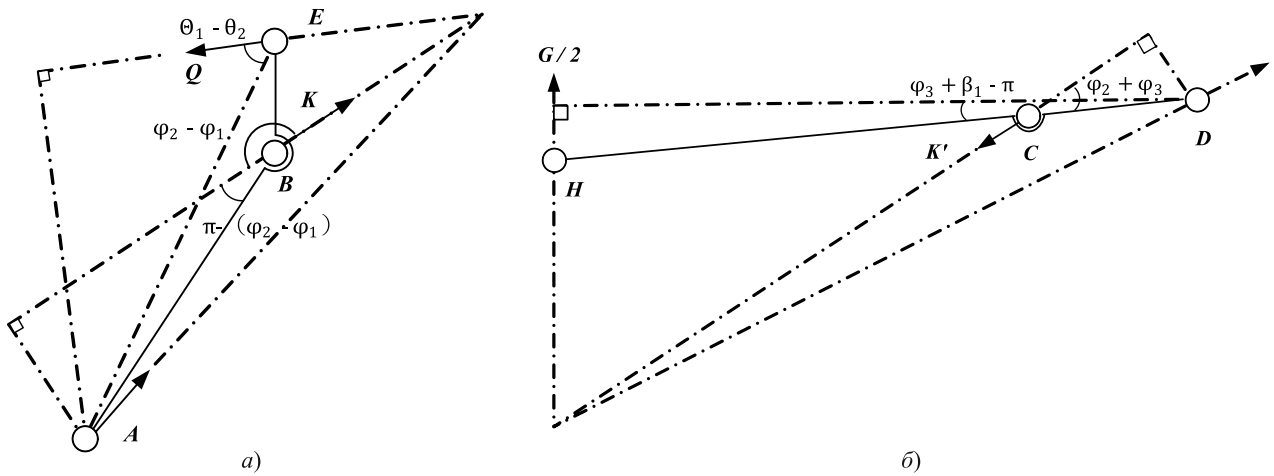


Рис. 5. Силовая диаграмма рычагов механизма:

a — шатун; *б* — колесный рычаг (*K* — сила тяги электрического цилиндра, *K'* — составляющая сила тяжести колеса)

Fig. 5. Power diagram of the mechanism levers:

a — connecting rod; *б* — wheel lever (*K* — traction force of the electric cylinder, *K'* — component of the wheel gravity)

На рис. 5 показана силовая диаграмма рычагов механизма.

Поскольку сила инерции рычагов мала, можно использовать статический анализ вместо динамического, не учитывая силу тяжести и силу инерции шатуна. Векторная сумма внешних сил и моментов точек *A* и *D* равна нулю. Для точки *A* моменты определяются через соотношения $l_{AB}\sin(\varphi_2 - \varphi_1)$ и $l_{AE}\sin(\theta_1 - \theta_2)$. Для точки *K* моменты соответственно определяются через соотношения $l_{DH}\cos(\varphi_3 + \beta)$ и $l_{CD}\sin(\varphi_2 + \varphi_3)$. Статический баланс сил при общем весе робота *G* определяется как

$$Ql_{CD}\sin(\varphi_2 + \varphi_3)l_{AE}\sin(\theta_1 - \theta_2) = \frac{G}{2}l_{DH}\cos(\varphi_3 + \beta)l_{AB}\sin(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (10)$$

Отсюда получаем

$$Q = \frac{G}{2} \frac{l_{DH}(\varphi_3 + \beta)l_{AB}\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{l_{CD}(\varphi_2 + \varphi_3)l_{AE}\sin(\theta_1 - \theta_2)}. \quad (11)$$

Когда колеса касаются поверхности перемещения и поднимают платформу, действует сила тяги *Q* электрического цилиндра. Когда колеса подняты, а гусеницы касаются поверхности перемещения, возникает сила натяжения *q*. Для силы тяги можно записать $\min F_3(x_i) = Q_{\max}$, а для силы натяжения имеем $\min F_4(x_i) = q_{\max}$.

Таким образом, общая целевая функция оптимальной конструкции блока реконфигурации запишется как

$$F(x_i) = \mu_1 F_1(x_i) + \mu_2 F_2(x_i) + \mu_3 F_3(x_i), \quad (12)$$

где μ_1, μ_2, μ_3 — весовые коэффициенты, сумма которых равна 1.

К ограничениям в модели относится высота платформы, которая в режиме движения на колесах должна соответствовать условию $|h_{\min}| \geq h_1$. В режиме гусеничного движения высота подъема колеса должна соответствовать условию $|h_{\max}| \geq H_1$. В гусеничном режиме электрический цилиндр в конечном положении должен находиться под определенным углом не параллельно шатуну, а расчетный угол σ не должен быть меньше $\sigma_{\max}$. Таким образом, математическую модель можно записать как

$$\begin{cases} \min F(x_i); \\ l_{AB} < l_{AE}; \\ l_{BC} < l_{AB}; \\ l_{DC} < l_{AD}; \\ l_{AD} < l_{AB} - l_{BC} + l_{DC}; \\ -\sigma \leq -\sigma_{\max}; \\ l_{AE} = l_{IF}; \\ l_{\min} \leq l_i \leq l_{\max}; \\ -|h_{\min}| \leq -h_1; \\ -|h_{\max}| \leq -H_1. \end{cases} \quad (13)$$

Так как стандартная высота и ширина лестничной ступени равна 160x260 мм, то для моделирования выбираем $160 \text{ мм} \leq |h_{\max}|$, $180 \text{ мм} \leq |h_{\min}|$. Сила тяги электрического цилиндра составляет 6000 Н, $\delta_{\max} = 100 \text{ мм}$, $l_0 = 205 \text{ мм}$. Разница хода между начальной длиной и максимальным удлинением толкателя электрического цилиндра составляет 105 мм,

следовательно, $l_0 = \delta_{\max} = 105$. Зададим остальные параметры как $r = 127$ мм, $R = 142$ мм, $\beta = 45^\circ$, $G = 1200$ Н, $v_0 = 12$ мм/с, $\mu_1 = 0,8$, $\mu_2 = 0,1$, $\mu_3 = 0,1$.

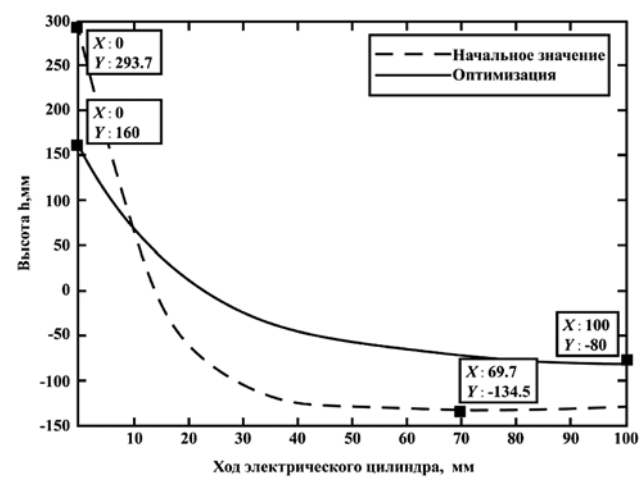


Рис. 6. Управление высотой подъема колесной группы
Fig. 6. Lifting height control of the wheel group

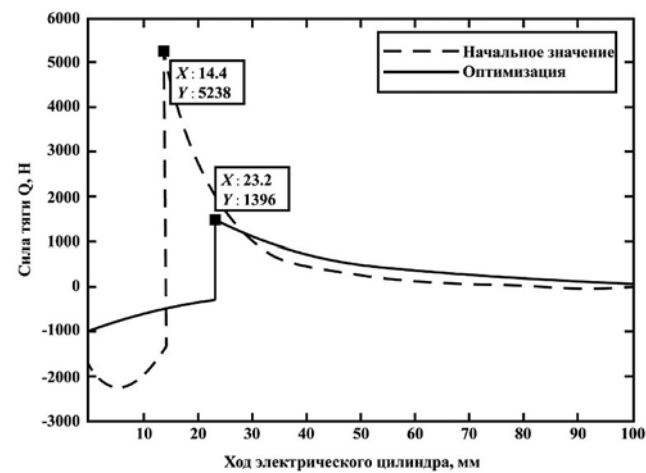


Рис. 7. Оптимизация силы тяги электрического цилиндра
Fig. 7. Traction force optimization of the electric cylinder

Сравнительные значения параметров конструкции
Comparative values of design parameters

Оптимизируемый параметр	Начальное значение, мм	Оптимальное значение, мм	Заданный параметр	Значение параметра
l_{AB}	80	95,5	l_{DH}	290 мм
l_{BC}	60	65,1	l_{AI}	305 мм
l_{DC}	42	49,2	l_0	205 мм
l_{AD}	58	65,8	β	45°
l_{AE}	126	145,6	$\sigma_{\max}$	100 мм
l_{iF}	126	145,6	r	142 мм
			R	1200 мм
			G	1200 Н

С помощью инструментария оптимизации *MATLAB* указанная выше математическая модель преобразуется программным путем. Значение каждого параметра получено путем ввода в программу оптимизируемых параметров, как показано в таблице, где оптимизированное значение определено до первого десятичного разряда.

Результаты моделирования работы блока реконфигурации с начальными и оптимизированными значениями приведены на рис. 6 при управлении высотой подъема колесной группы.

Видно, что оптимизированная кривая имеет более линейную характеристику, что дает возможность более точного управления.

На рис. 7 представлены результаты оптимизации силы тяги электрического цилиндра в зависимости от его рабочего хода.

Резкое изменение силовой характеристики происходит в момент переключения колесного режима на гусеничное движение. Оптимизация позволяет проводить управление по более гладкой характеристике и в меньшем диапазоне требуемых усилий.

Закключение

Проведен анализ конструкции и расчет рычажного механизма колесно-гусеничного мобильного робота. На базе типового рычажного устройства с возможностью самоблокировки построен блок реконфигурации мобильного робота, реализующий переключение колесного и гусеничного режимов его движения. Разработана кинематическая модель блока реконфигурации и предложен метод оптимизации параметров рычажного механизма. В результате моделирования получены улучшенные механические характеристики блока реконфигурации, дающие возможность более точного управления при снижении требуемых усилий исполнительного механизма.

Список литературы

1. Magnenat S., Philippsen R., Mondada F. Autonomous construction using scarce resources in unknown environments // Autonomous robots. Springer Science. Vol. 33. 2012. P. 467—485.
2. Rachkov M., Marques L., de Almeida A. T. Multisensor demining robot // Autonomous robots. Springer Science. 2005. Vol. 18, N.3. P. 275—291.
3. Rachkov M. Modelling of Demining Manipulator Optimal Functioning // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. 2019. Vol. 20, N.5. P. 280—290.

4. **Rachkov M., Petukhov S.** Navigation of the autonomous vehicle reverse movement // *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 315.
5. **Batanov A., Gritsynin S., Murkin S.** Robotic systems for emergency applications // *Spetsialnaya Tekhnika*. 2000. № 1. P. 3–15 (in Russian).
6. **Hastie J., Jacobs B., Martell C.** et al. Development of a new for the Foster-Miller Talon Robot. MIMEU701-702. Technical Design Report. 2005.
7. **Lee C., Kim S., Kang S. et al.** Double-track mobile robot for hazardous environment applications // *Advanced Robotics*. 2003. Vol. 17, N. 5. P. 447–459.
8. **Morris A., Ferguson D., Omohundro Z.** et al. Recent developments in subterranean robotics // *Journal of Field Robotics*. 2010. Vol. 23, N. 1. P. 35–57.
9. **Rachkov M., Emelyanov A., Kolot V.** Reconfigurable Autonomous Wheel-Track Robot // *International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, Sochi, Russia. 2019. P. 1–5.
10. **Wang W.** Study on tracked mobile robot with manipulator in complex terrain. Harbin Institute of Technology, 2009 (in Chinese).
11. **Yunwang L., Shirong G., Hua Z.** Obstacle-surmounting mechanism and capability of four-track robot with two swing arms // *Robot*. 2010. Vol. 32, N. 2. P. 157–165 (in Chinese).
12. **Zhiqing L., Shugen M., Bin L.** Development of a transformable wheel-track robot with self-adaptive ability // *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. 2011. Vol. 47, N. 5. P. 1–10 (in Chinese).
13. **Zonghao L., Caihong S., Shaohua K.** Design and analysis of the pose-varied wheel-tracked robot travel mechanism // *Machinery Design & Manufacture*. 2014. N. 4. P. 175–177 (in Chinese).
14. **Tulenko J.** Development of a radiation resistant Andros robot for operation in severe environments // *Proc. ANS 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems*. 1995. 2(5-10). P. 165–168.
15. **Wang J., Wang T., Yao C.** A novel control law for constrained manipulation with its usage in the explosives ordnance disposal robot // *Chinese Science Bulletin*. 2013. Vol. 58 (Suppl.II). P. 91–96 (in Chinese).
16. **Stojic S.** Rubber tracksystem. Patent US 20160368551. 2016.
17. **Mo H., Shang J., Luo Z.** Trench-crossing capability analysis of a reconfigurable tracked mobile robot // *International Conference on Intelligent Robotics and Applications*. Springer-Verlag Press, 2010. P. 509–518.
18. **Wenwei Z., Kejian W.** *Mechanical Principles*. Beijing: Higher Education Press, 1997. P. 54–57 (in Chinese).
19. **Jianjun D.** The development of kinematic error analysis system of planar linkage mechanism. Shenyang: Northeastern University, 2012.
20. **Kim Y., Kwak J., Kim J. et al.** Adaptive driving mode control of mobile platform with wheel-track hybrid type for rough terrain in the civil environment // *International Conference on Control, Automation and Systems, IEEE. Kintex*, 2010. P. 86–90.
21. **Kim J., Lee C.** Variable transformation shapes of single-tracked mechanism for a rescue robot // *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Control, Automation and Systems*. Seoul, 2007. P. 1057–1061.

Calculation and Optimization of the Wheel-Track Mobile Robot Reconfiguration Mechanism

Wu Que, 2177223630@qq.com, **M. Yu. Rachkov**, michyur@gmail.com,
Moscow Polytech, Moscow, 107023, Russian Federation

Corresponding author: Wu Que, Postgraduate Student, Moscow Polytech,
Moscow, 107023, Russian Federation, e-mail: 2177223630@qq.com

Accepted on 11 December, 2021

The actual problem of an autonomous transport robot design for work in an unstructured environment and in emergency situations is considered. The design of the robot contains a combined system, consisting of transformable track and wheel groups, which allows moving over different types of surfaces, including the conditions of the urban environment, in particular flights of stairs. Movement on a flat surface is carried out only by wheel groups with raised track groups, which provides an increased speed of the robot. Movement on uneven surface is carried out only by track groups, while the wheel groups are raised. It provides increased cross-country ability. Staircase and complex obstacles can be overcome with the simultaneous use of wheel and track groups at angle of the wheel groups relative to the track groups during reconfiguration of geometric shapes and steps of the staircase and obstacles. The robot reconfiguration unit is made in the form of a lever mechanism with electric cylinders, which can be self-locking. It implements the switching of the robot movement modes, as well as lifting the wheel group to the required angle for overcoming obstacles. The analysis of the design and calculation of the lever mechanism of the wheel-track robot is carried out. A kinematic model of the reconfiguration unit has been developed. Relationships between the angles and length of the levers, as well as between the angular velocity of movement of the levers and the speed of movement of the electric cylinder pusher of the lever mechanism are obtained. Optimization of the reconfiguration block operation by creating its mathematical model for programming in the Matlab package is done. The target function and restrictions on the system operation have been determined. As a result, improved mechanical characteristics of the reconstruction unit are obtained.

Keywords: transport robot, wheel-track structure, reconfiguration block, lever mechanism, kinematic model, optimization

For citation:

Wu Que, Rachkov M. Yu. Calculation and Optimization of the Wheel-Track Mobile Robot Reconfiguration Mechanism, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2022, vol. 23, no. 4, pp. 209–215.

DOI: 10.17587/mau.23.209-215

References

1. Magnenat S., Philippsen R., Mondada F. Autonomous construction using scarce resources in unknown environments, *Autonomous robots*, Springer Science, 2012, vol. 33, pp. 467–485.
2. Rachkov M., Marques L., de Almeida A. T. Multisensor demining robot, *Autonomous robots*, Springer Science, 2005, vol. 18, no. 3, pp. 275–291.
3. Rachkov M. Modelling of Demining Manipulator Optimal Functioning, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2019, 20(5), pp. 280–290
4. Rachkov M., Petukhov S. Navigation of the autonomous vehicle reverse movement, *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 315.
5. Batanov A., Gritsynin S., Murkin S. Robotic systems for emergency applications, *Spetsialnaya Tekhnika*, 2000, no. 1, pp. 3–15 (in Russian).
6. Hastie J., Jacobs B., Martell C. et al. Development of a new for the Foster-Miller Talon Robot, *MIMEU701-702. Technical Design Report*, 2005.
7. Lee C., Kim S., Kang S. et al. Double-track mobile robot for hazardous environment applications, *Advanced Robotics*, 2003;17 (5), pp. 447–459.
8. Morris A., Ferguson D., Omohundro Z. et al. Recent developments in subterranean robotics, *Journal of Field Robotics*, 2010, 23(1), pp. 35–57.
9. Rachkov M., Emelyanov A., Kolot V. Reconfigurable Autonomous Wheel-Track Robot, *International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, Sochi, Russia, 2019, pp. 1–5.
10. Wang W. Study on tracked mobile robot with manipulator in complex terrain, Harbin Institute of Technology, 2009 (in Chinese).
11. Yunwang L., Shirong G., Hua Z. Obstacle-surmounting mechanism and capability of four-track robot with two swing arms, *Robot*, 2010, 32(2), pp. 157–165 (in Chinese).
12. Zhiqing L., Shugen M., Bin L. Development of a transformable wheel-track robot with self-adaptive ability, *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2011, 47(5), pp. 1–10 (in Chinese).
13. Zonghao L., Caihong S., Shaohua K. Design and analysis of the pose-varied wheel-tracked robot travel mechanism, *Machinery Design & Manufacture*, 2014 (4), pp. 175–177 (in Chinese).
14. Tulenko J. Development of a radiation resistant Andros robot for operation in severe environments, *Proc. ANS 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems*, 1995, 2(5-10), pp. 165–168.
15. Wang J., Wang T., Yao C. A novel control law for constrained manipulation with its usage in the explosives ordnance disposal robot, *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58 (Suppl.II), pp. 91–96 (in Chinese).
16. Stojic S. Rubber tracksystem, *patent US 20160368551*, 2016.
17. Mo H., Shang J., Luo Z. Trench-crossing capability analysis of a reconfigurable tracked mobile robot, *International Conference on Intelligent Robotics and Applications*, Springer-Verlag Press, 2010, pp. 509–518.
18. Wenwei Z., Kejian W. Mechanical Principles, Beijing, *Higher Education Press*, 1997, pp. 54–57 (in Chinese).
19. Jianjun D. The development of kinematic error analysis system of planar linkage mechanism, Shenyang, Northeastern University, 2012.
20. Kim Y., Kwak J., Kim J. et al. Adaptive driving mode control of mobile platform with wheel-track hybrid type for rough terrain in the civil environment, *International Conference on Control, Automation and Systems*, IEEE, Kintex, 2010, pp. 86–90.
21. Kim J., Lee C. Variable transformation shapes of single-tracked mechanism for a rescue robot, *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Control, Automation and Systems*, Seoul, 2007, pp. 1057–1061.



**KAZAN
DIGITAL
WEEK 2022**
21–24 СЕНТЯБРЯ

Кабинет Министров Республики Татарстан
под эгидой правительства Российской Федерации
21–24 сентября 2022 года
в столице Республики Татарстан г. Казани проводит

Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2022 (KDW–2022)

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ KDW–2022:

- интеллектуальные транспортные системы;
- цифровые технологии в сфере государственного и муниципального управления;
- цифровая индустрия 4.0;
- кибербезопасность нового времени;
- экосистема финтех;
- инновации, интегрированные в бизнес;
- цифровые технологии в здравоохранении и медицине;
- цифровые технологии в образовании;
- цифровые технологии в культуре;
- цифровые технологии в сфере сельского хозяйства.

Информация об условиях участия в различных мероприятиях форума, алгоритм регистрации, информация о публикации научных статей и презентаций, а также полный архив материалов KDW–2021 представлены на сайте kazandigitalweek.ru/kazandigitalweek.com.

ПРИГЛАШАЕМ К ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ

Статьи принимаются в строгом соответствии с тематическими направлениями. Автор должен указать тематическое направление статьи. Все статьи проходят проверку программой "Антиплагиат" и двустороннее слепое рецензирование. После отбора экспертной группой статьи будут опубликованы в сборнике материалов форума. Возможна публикация в журналах, включенных в международную реферативную базу данных Scopus и рецензируемых ВАК, индексируемых в РИНЦ. Статьи принимаются до 1 июня 2022 года на электронный адрес: org@kazandigitalweek.ru.

Запрос об условиях участия в выставке направлять на электронный адрес: Artem.Safin@tatar.ru