

Т. І. Круць¹
В. В. Попович²
Р. В. Зінько²
А. П. Поляков³

МЕТОДИКА ВИБОРУ РУШІЯ ДЛЯ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

¹Львівський державний автомобільно-дорожній коледж

²Національний університет «Львівська політехніка»

³Вінницький національний технічний університет

Здатність пересуватися по різних типах ґрунтів – один з основних показників ефективності використання мобільних машин в умовах бездоріжжя. Рух таких спеціальних мобільних машин здійснюється за рахунок взаємодії рушія з опорною поверхнею. Тому істотні резерви підвищення продуктивності і зниження собівартості технологічних і транспортних робіт закладені в зниженні витрат енергії при взаємодії рушія з поверхнею.

На процес взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею, що деформується, встановлено, що параметри цієї взаємодії залежать від низки чинників: нормального навантаження, кутової швидкості обертання і крутного моменту. В загальному випадку параметри взаємодії кожного рушія змінюються при зміні режиму руху колісного транспортного засобу, і можливість зміни тиску повітря в шинах при русі по різних опорних поверхнях дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики колісного транспортного засобу.

При дослідженні роботи гусеничного рушія встановлено, що крок гусеничного обводу, жорсткість гусеничного рушія на розтягування, кутова жорсткість повороту двох сусідніх траків, зниження кроку гусеничного ланцюга, зменшення жорсткості гусениці на розтягування, збільшення кутової жорсткості повороту двох сусідніх траків, впливають на ефективність роботи машини.

Наукова новизна дослідження полягає у розробці методики вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка працює в умовах бездоріжжя, у процесі її проектування.

Колісний чи гусеничний рушії в основному визначатимуть продуктивність і ефективність роботи машин спеціального призначення. Вибір рушія для спеціальних мобільних машин проводиться на основі набору критеріїв. Критерії визначають важливість реалізації поставлених завдань стосовно ефективності функціонування. Знаючи несівну здатність ґрунтів і врахувавши можливість руху конкретної спеціальної мобільної машини залежно від виду ґрунту, можна вибрати той чи інший тип рушія.

Ключові слова: прохідність, колісний рушії, гусеничний рушії, критерії ефективності рушія, методика вибору рушія.

Вступ

Здатність пересуватися по різних типах ґрунтів – один з основних показників ефективності використання мобільних машин в умовах бездоріжжя.

Рух таких спеціальних мобільних машин здійснюється за рахунок взаємодії рушія з опорною поверхнею. Ця взаємодія викликає значні енергетичні втрати, що характеризують ощадливість машини, її тягово-зчіпні властивості і прохідність, істотно впливає на її швидкість руху, продуктивність і якість роботи. Тому значні резерви підвищення продуктивності і зниження собівартості технологічних і транспортних робіт закладені в зниженні витрат енергії при взаємодії рушія з поверхнею.

Буксування і колієутворення, що виникають при взаємодії рушія з опорною поверхнею, є причиною зниження швидкості руху, продуктивності і якості роботи технологічних і транспортних машин, підвищеної витрати палива, а також викликають безповоротні руйнівні процеси в ґрунтовому шарі, ерозію ґрунту, порушують екологію довкілля та ін.

Колісний і гусеничний рушії по-різному взаємодіють на опорну поверхню, по-різному сприймають нерівності ґрунту і гасять коливання машини. Вибір рушія, який би відповідав умовам використання – важливе конструкторське завдання, яке необхідно вирішувати на стадії проектування.

Аналіз публікацій

У ряді робіт [1–6] розглянуто процес взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею, що деформується, і визначено, що параметри цієї взаємодії залежать від низки чинників: нормального навантаження, кутової швидкості обертання і крутного моменту. Відзначається, що в загальному випадку параметри взаємодії кожного рушія змінюються при зміні режиму руху колісного

транспортного засобу, і можливість зміни тиску повітря в шинах при русі по різних опорних поверхнях дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики колісного транспортного засобу.

При дослідженні роботи гусеничного рушія [7–11] встановлено, що такі параметри, як крок гусеничного обводу, жорсткість гусеничного рушія на розтягування, кутова жорсткість повороту двох сусідніх траків, зниження кроку гусеничного ланцюга, зменшення жорсткості гусениці на розтягування, збільшення кутової жорсткості повороту двох сусідніх траків, впливають на ефективність роботи машини.

В деяких з проведених досліджень розглядається тиск на опорну поверхню, як один з критеріїв ефективності рушія [1–3, 6–8, 10]. В інших роботах пропонують враховувати крутний момент і його рівномірність подачі на рушій [4, 5, 9–11].

В загальному для будь-якого рушія повинні задовольняти такі вимоги [1–14]:

- максимальна ефективність (підвищення прохідності і безпеки руху);
- універсальність (можливість застосування в широкому діапазоні умов експлуатації);
- високі тягово-зчіпні якості;
- мінімальні втрати на рух;
- раціональна взаємодія з опорною поверхнею з точки зору екології;
- хороші показники керованості і стійкості;
- хороші пружні і амортизуючі властивості;
- хороша самоочищуваність;
- високі показники міцності і надійності, достатня зносостійкість і довговічність;
- зручність експлуатації (простота і швидкість монтажу, демонтажу і ремонту);
- невелика маса і невисока вартість.

В роботах [12–14] проведено аналіз переваг і недоліків колісних і гусеничних рушіїв, але немає зв'язку з врахуванням умов експлуатації та технологічних процесів, в яких задіяні спеціальні мобільні машини.

Мета та постановка задачі

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні методики вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка працює в важких умовах експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка працює в умовах бездоріжжя.

Предметом дослідження є методи і засоби, які дадуть змогу визначити тип рушія спеціальної мобільної машини з урахуванням умов її експлуатації.

Завданням дослідження є розроблення методики вибору рушія для машин спеціального призначення, які працюють в умовах бездоріжжя.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що було розроблено методику вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка працює в умовах бездоріжжя, у процесі її проектування.

Практична значущість отриманих результатів дослідження полягає у тому, що розроблену методику можна використати для вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка експлуатується в різноманітних дорожньо-грунтових умовах.

Теоретична та методологічна основа дослідження базувалась на наукових працях і методологічних розробках фахівців теорії автомобілів і гусеничних машин. У процесі роботи використано методи системного аналізу.

Для досягнення поставленої мети необхідно визначити необхідні складові методики вибору рушія; розробити алгоритм вибору рушія спеціальної мобільної машини, яка працює в важких умовах експлуатації.

Виклад основного матеріалу

Проблема забезпечення прохідності спеціальних мобільних машин багатопланова і при її рішенні повинні враховувати тип рушія, опорно-зчіпні показниками, носівна здатність ґрунту, швидкість пересування. Ці параметри відрізняються для транспортних засобів з колісним і гусеничним рушіями і в основному визначають їхню продуктивність і ефективність роботи (табл. 1).

Далі слід враховуватися здатність спеціальних мобільних машин долати природні перешкоди, рухатися по пересіченій місцевості і на ґрунтах з низькою носівною здатністю. Можливості руху різних видів транспортних засобів залежно від виду ґрунту наведено в табл. 2.

Отже, знаючи носівну здатність (допустимий тиск) ґрунтів (табл. 3), і врахувавши можливість руху

конкретної спеціальної мобільної машини залежно від виду ґрунту (див. табл. 3), можна вибрати той чи інший тип рушія (рис. 1).


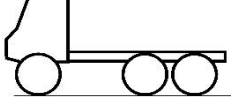
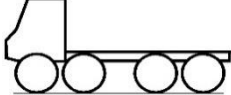
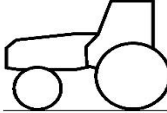

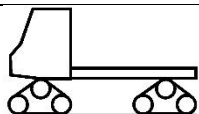
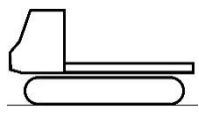
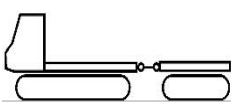
Таблиця 1

Експлуатація ТЗ по ґрунтах, що дуже деформуються

Показники	Колісний рушія	Гусеничний рушія
Продуктивність	менша	більша
Прохідність	менша	вища
Зчіпні властивості	гірші	кращі
Витрата палива	більша	менша
Тиск на опорну поверхню	більший	менший
Затрати на експлуатацію	менші	більші

Таблиця 2

Можливості руху різних видів ТЗ залежно від виду ґрунту

Транспортні засоби	Допустимий тиск, МПа	Колісна схема
Колісний автомобіль малої вантажності	0,30	
Колісний автомобіль середньої вантажності	0,20	
Колісний автомобіль великої вантажності	0,40–0,60	
Колісний трактор	0,15	
Гусеничний трактор	0,02	
Гусеничний всюдихід	0,08	
Гусеничний болотохід	0,04	
Секційний гусеничний всюдихід	0,01–0,05	

Носівна здатність (допустимий тиск) ґрунтів

Вид ґрунту		Допустимий тиск, МПа
Піщаний		0,029–0,098
Супісок		0,147–0,392
Суглинок		0,049-0,088–0,343-0,088
Глина		0,001-0,088–0,490-0,980
Торф	Дуже ущільнений (слабо зволожений)	0,100
	Ущільнений (середньо-зволожений)	0,075
	Пухкий (зволожений)	0,055
	Дуже пухкий (сильно зволожений)	0,025
	Текучий (рідкий)	0,012
Сніг	Ущільнений	0,400
	Пухкий	0,015

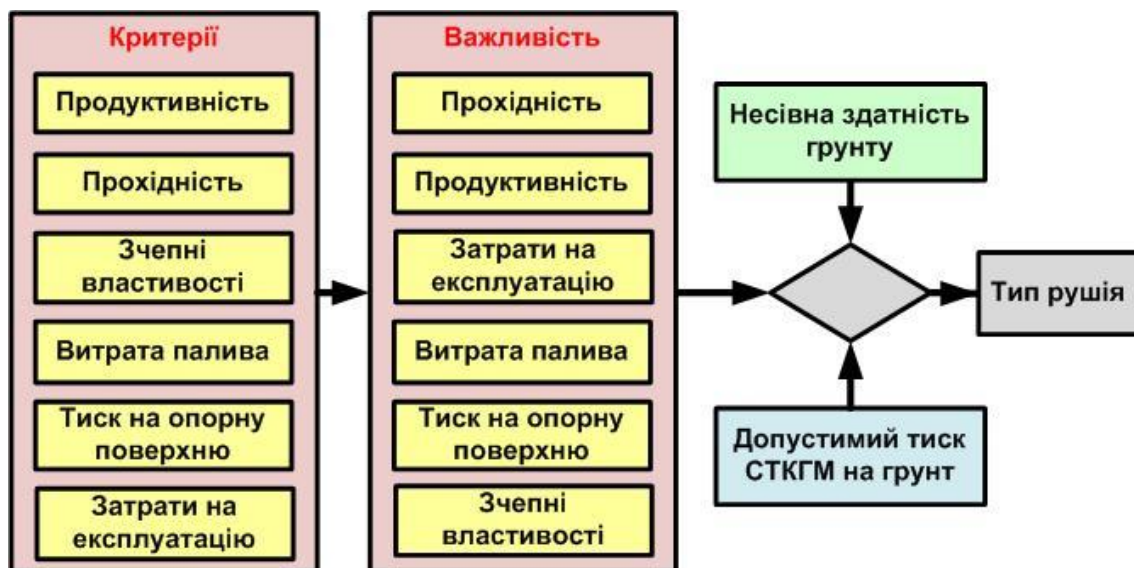


Рис. 1. Алгоритм вибору типу рушія для СТКГМ

Висновки

Колісний і гусеничний рушії по-різному взаємодіють на опорну поверхню, по-різному сприймають нерівності ґрунту і гасять коливання машини. Вибір рушія для спеціальних мобільних машин проводиться на основі набору критеріїв. Критерії визначають важливість реалізації поставлених завдань стосовно ефективності функціонування. Знаючи носівну здатність ґрунтів, і врахувавши можливість руху конкретної спеціальної мобільної машини залежно від виду ґрунту, можна вибрати той чи інший тип рушія.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Н. С. Вольская, «Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям в районах эксплуатации». Дисс. докт. техн. наук: 05.05.03. Москва, 2008. 370 с.
2. E. Bakker, H. Pacejka and L. Lidner, "A New Tire Model with Application in Vehicle Dynamics Studies" in *Proc. 4th Int. Conf. Automotive Technologies*, 1989.
3. С. Б. Шухман, А. С. Переладов, «Оценка воздействия двигателей автомобиля на почву». *Автомобильная промышленность*, № 6, с. 16-19, 2002.

4. R. M. Makhroblidze, I. M. Lagvilava, B. B. Basilashvili, & R. M. Khazhomia, "Theory of turn bodies of mountain tandem wheeled self-propelled chassis". *Annals of Agrarian Science*, no. 15(3), pp. 339-343, 2017. doi:org/10.1016/j.aasci.2017.05.026.
5. G. Motrycz, P. Stryjek, J. Jackowski, M. Wiczorek, J. Ejsmont, G. Ronowski, S. Sobieszczyk, "Research on operational characteristics of tyres with run flat insert", *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, vol. 19, no. 3, pp. 319-326, 2015. doi: https://doi.org/10.5604/12314005.1138141.
6. M. I. Malenkov, V. A. Volov, N. K. Guseva, E. A. Lazarev, "Increasing the mobility of Mars rovers by improving the locomotion systems and their control algorithms" *Russian Engineering Research*, vol. 35, no. 11, pp. 824-831, 2015. doi: https://doi.org/10.3103/s1068798x1511012x.
7. А. П. Мохирев, А. А. Керюченко, «Воздействие лесозаготовительных машин на почвенный покров», *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*, т. 3, № 2-1(13-1), с. 258-262, 2015.
8. И. Р. Шегельман, «О потенциале гусеничных движителей лесных машин», *Инженерный вестник Дона*, № 3, 2017. URL: ivdon.ru/ru/magazine /archive /n3y2017/2231.
9. Ю. В. Гальшев, Р. Ю. Добрецов, «Эффективность использования опорной поверхности гусеничного движителя при передаче нормальных нагрузок», *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер.: Наука и образование*, № 3, с. 272-278, 2013.
10. Ch. V. Boikov, P. Zhdanovich, S. Sizova, "Design Development of Elastic Wheel-Track and Track Traction Systems of Tractors and Agricultural Machines", in *SAE International Off-Highway and Powerplant Congress and Exposition*. 1997. doi: https://doi.org/10.4271/972732.
11. Kai Lv, Xihui Mu, Lishun Li, "Design and test methods of rubber-track conversion system Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers", *Journal of Automobile Engineering*, v. 233, no. 7, pp. 1903-1929, 2018. https://doi.org/10.1177/0954407018794101.
12. Track vs Wheeled Equipment: Which Type of Machine Should I Rent? [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.macalli sterrentals.com/track-vs-wheeled-equipment-type-machine-rent/.
13. M. Lamande, M. H. Greve, & P. Schjonning, "Risk assessment of soil compaction in Europe - Rubber tracks or wheels on machinery", *CATENA*, no. 167, pp. 353-362, 2018. doi:org/10.1016/j.catena. 2018.05.015.
14. О. О. Можаяев та ін., «Мінімізація втрат потужності тягово-транспортних засобів при русі по опорній поверхні, яка деформується», *Східноєвропейський журнал передових технологій*, № 1(97), т. 1, с.69–74, 2019. doi: 10.15587/1729-4061.2019.156721.
15. Р. В. Зінько, Л. В. Крайник, О. З. Горбай, *Основи конструктивного синтезу та динаміка спеціальних автомобілів і технологічних машин*. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019.

Круць Тарас Ігорович – інженер, викладач, e-mail: ladk-taras@ukr.net.

Львівський державний автомобільно-дорожній коледж, м. Львів

Попович Віталій Васильович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілебудування, e-mail: vitalii.v.porovych@lpnu.ua.

Зінько Роман Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілебудування, e-mail: rzinko@gmail.com

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Поляков Андрій Павлович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

T. Krutz¹
V. Popovych²
R. Zinko²
A. Polyakov³

Methodology for choosing a propulsion device for special-purpose vehicles

¹Lviv State Automobile and Road College

²National University "Lviv Polytechnic"

³Vinnitsa National Technical University

The ability to move on different types of soils is one of the main indicators of the efficiency of mobile vehicles in off-road conditions. The movement of such special mobile machines is carried out due to the interaction of the propulsion with the support surface. Therefore, significant reserves to increase productivity and reduce the cost of technological and transport works are laid in reducing energy consumption when the engine interacts with the surface.

On the process of interaction of the wheel drive with the deformable support surface it is established that the parameters of this interaction depend on a number of factors: normal load, angular velocity and torque. In the General case, the parameters of interaction of each engine change when changing the mode of movement of the wheeled vehicle, and the ability to change the air pressure in the tires when driving on different support surfaces allows to increase the performance of the wheeled vehicle

In the study of the caterpillar, it was found that the pitch of the caterpillar, the stiffness of the caterpillar, the angular stiffness of two adjacent tracks, reducing the pitch of the caterpillar chain, reducing the stiffness of the caterpillar, increasing the angular stiffness of two adjacent tracks, affect the efficiency of the machine.

The scientific novelty of the study is to develop a method of choosing the engine of a special mobile machine that works off-road, in the process of its design.

Wheel or crawler solutions will mainly determine the performance and efficiency of special purpose vehicles. The choice of engine for special mobile machines is based on a set of criteria. The criteria determine the importance of the implementation of the tasks in relation to the efficiency of functioning. Knowing the sowing capacity of the soil, and taking into account the possibility of movement of a particular special mobile machine depending on the type of soil, you can choose one or another type of engine.

Key words: passability, wheel, caterpillar, criteria of efficiency of mover, methodology of choice of mover.

Krutz Taras – engineer, teacher, e-mail: ladk-taras@ukr.net.

Popovych Vitalij – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Automotive Engineering, e-mail: vitalii.v.popovych@lpnu.ua.

Zinko Roman – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Automotive Engineering, e-mail: rzinko@gmail.com.

Polyakov Andriy – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: farv@vntu.edu.ua.

Т. И. Круць¹
В. В. Попович²
Р. В. Зинько²
А. П. Поляков³

Методика выбора двигателя для машин специального назначения

¹Львовский государственный автомобильно-дорожный колледж

²Национальный университет «Львовская политехника»

³Винницкий национальный технический университет

Способность передвигаться по разным типам грунтов – один из основных показателей эффективности использования мобильных машин в условиях бездорожья. Движение таких специальных мобильных машин осуществляется за счет взаимодействия двигателя с опорной поверхностью. Поэтому существенные резервы повышения производительности и снижения себестоимости технологических и транспортных работ заложены в снижении затрат энергии при взаимодействии двигателя с поверхностью.

На процесс взаимодействия колесного двигателя с деформируемой опорной поверхностью установлено, что параметры этого взаимодействия зависят от ряда факторов: нормальной нагрузки, угловой скорости вращения и крутящего момента. В общем случае параметры взаимодействия каждого двигателя изменяются при изменении режима движения колесного транспортного средства, и возможность изменения давления воздуха в шинах при движении по разным опорным поверхностям позволяет повысить эксплуатационные характеристики колесного транспортного средства.

При исследовании работы гусеничного двигателя установлено, что шаг гусеничного обвода, жесткость гусеничного двигателя на растяжение, угловая жесткость поворота двух соседних траков, снижение шага гусеничной цепи, уменьшение жесткости гусеницы на растяжение, увеличение угловой жесткости поворота двух соседних траков, влияют на эффективность работы машины.

Научная новизна исследования заключается в разработке методики выбора двигателя специальной мобильной машины, работающей в условиях бездорожья, в процессе ее проектирования.

Колесный или гусеничный двигатель будут в основном определять производительность и эффективность работы машин специального назначения. Выбор двигателя для специальных мобильных машин производится на основе набора критериев. Критерии определяют важность реализации поставленных задач по эффективности функционирования. Зная несущую способность грунтов, и учитывая возможность движения конкретной мобильной машины в зависимости от вида грунта, можно выбрать тот или иной тип двигателя.

Ключевые слова: проходимость, колесный двигатель, гусеничный двигатель, критерии эффективности двигателя, методика выбора двигателя.

Круць Тарас Игоревич – инженер, преподаватель, e-mail: ladk-taras@ukr.net.

Попович Виталий Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилестроения, e-mail: vitalii.v.popovych@lpnu.ua.

Зинько Роман Владимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилестроения, e-mail: rzinko@gmail.com

Поляков Андрей Павлович – д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: farv@vntu.edu.ua.