

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОТОННАЖНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

PROBLEMS OF OPERATION OF SMALL-CAPACITY AUTOMOBILE TRAILERS IN VARIOUS FIELDS OF AGRICULTURE

З.А. ГОДЖАЕВ¹, д.т.н.
Е.В. БАЛАКИНА², д.т.н.
В.А. КОРОЛЯШ²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Москва, Россия

² Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия, fic51@mail.ru

Z.A. GODZHAEV¹, DSc in Engineering
E.V. BALAKINA², DSc in Engineering
V.A. KOROLYASH²

¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, fic51@mail.ru

В статье рассмотрены перспективы развития и использования малотоннажных автопоездов (МАП) с управляемым сцепным устройством, разработанным и подтвержденным заявкой (2018137360) ВолгГТУ и ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. МАП по условиям шумности, экологии и расхода топлива намного превосходят магистральные автопоезда при использовании их в мегаполисах, а также в сложных дорожных условиях. Увеличение в последние годы числа малых предприятий, в том числе занимающихся сельским хозяйством, обслуживанием теплиц, торговых точек, охотой и предоставлением услуг в этой области, увеличивает потребность в малых прицепах, используемых в сцепке с легковыми автомобилями. Управляемое сцепное устройство позволяет устранить «виляние», а также обеспечить возможность управляемого движения задним ходом. Помимо прочего использование МАП не требует переобучения водителей и обеспечивает быструю окупаемость (менее 3 месяцев). МАП – универсальный вид транспорта. Универсальность достигается разработкой различных прицепных платформ, необходимых для выполнения разных видов работ. Это может быть прицепной «мини-завод» для переработки и утилизации отходов сельскохозяйственных предприятий (коровников, птицефабрик, теплиц и т.д.). Возможные варианты: мини-мастерская, кухня, передвижной медпункт для обслуживания работников, занятых на посевной, уборке и т.д.

В связи с новыми тенденциями развития автомобильного транспорта желательно разрабатывать МАП в автоматизированном варианте управления через ГЛОНАСС с использованием систем СКИФ и СКАУТ, а также со способностью прицепа осуществлять движение самостоятельно в режиме геолокации. При всех очевидных преимуществах имеются и негативные явления, требующие досконального изучения с целью их исключения. Исследования требуют изучения движения МАП с высоким прицепом при воздействии на него больших или же циклических боковых сил, а также исключения «виляния» при движении по продольной колее и при обгоне.

Ключевые слова: прицеп автомобильный, управляемые сцепные устройства, устойчивость движения, малые и большие боковые силы, продольные силы, негативные явления, ухудшающие устойчивость движения прицепа, основные и дополнительные способы устранения, сцепные устройства, колея.

The article discusses the prospects for the development and use of SRT (small-tonnage road trains) with a controlled coupling device developed and confirmed by the application (2018137360) of Volgograd State Technical University and Federal Scientific Agroengineering Center VIM. Small-tonnage road trains in terms of noise, ecology and fuel consumption are much superior to main-line trains when used in megacities, as well as in difficult road conditions. An increase in the number of small enterprises in recent years, including enterprises engaged in agriculture, maintenance of greenhouses, retail outlets, hunting and the provision of services in this area, increases the need for small trailers used in conjunction with automobiles. A controlled hitch allows eliminating «wobble», as well as providing the ability to steer in reverse. In various sectors of the national economic activity, SRT has advantages in servicing small enterprises, cooperatives, greenhouses and agricultural enterprises. Among other things, it does not require retraining of drivers and a quick payback time of less than 3 months. SRT is a universal type of transport. This is achieved by the development of various trailed platforms necessary to carry out various types of work. It can also be a trailed mini-plant for processing and recycling waste from agricultural enterprises (cowsheds, poultry farms, greenhouses, etc.). A possible option is a mini workshop, a kitchen, a mobile first-aid post for servicing workers engaged in sowing, cleaning, etc. In connection with new trends in the development of road transport, it is advisable to develop SRTs in an automated control option, through GLONASS using the Skif and Scout systems, as well as the trailer's ability to independently move in geolocation mode for various tasks. With all the obvious advantages, there are negative phenomena that require thorough study and the possibility of eliminating these phenomena. Studies require the movement of a SRT with a high trailer when exposed to large or cyclic lateral forces, as well as the exclusion of wobble when moving along a longitudinal track and when overtaking.

Keywords: vehicle trailer, controlled coupling devices, traffic stability, small and large lateral forces, longitudinal forces, negative phenomena that worsen the stability of the trailer, main and additional methods of elimination, coupling devices, track.

Введение

Прицеп – это, как известно, несамоходное транспортное средство, одно или же 2-осное, имеющее опорно-сцепное устройство с автомобилем тягачом.

Прицепы бывают универсальные: для перевозки разных грузов и специального назначения. Прицепы классифицируют по разным признакам (категориям): 1 – полная масса которых не более 0,75 т.; 2 – от 0,75 до 3,5 т.; 3 – от 3,5 до 10 т.; 4 – более 10 т. При этом к легким относятся те, у которых допустимая масса груза не превышает 750 кг.

В соответствии с правительственной программой экологической безопасности, в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведутся разработки малотоннажных автопоездов (МАП) с управляемым прицепом для использования в сельском хозяйстве. На этой базе разрабатываются перспективные варианты тягачей с электро- и газобаллонными двигателями, а также линейки многофункциональных прицепов. Помимо этого, разрабатываются системы автопилотирования через ГЛОНАСС с использованием систем СКИФ и СКАУТ, позволяющие контролировать онлайн эксплуатационные характеристики МАП. Беспилотные машины с силовыми агрегатами – неизбежное будущее мобильных энергоемких и транспортных технологических средств. Данное направление является пока еще слаборазвитым, относительно новым, современным и перспективным. Беспилотные сельхозмашины смогут работать на полях круглосуточно и выполнять свою работу на высоком уровне постоянно, исключая человеческий фактор. Так же предполагается использовать МАП в составе тягача и передвижного домика.

Цель исследований

Анализ факторов, которые следует учитывать при проектировании МАП.

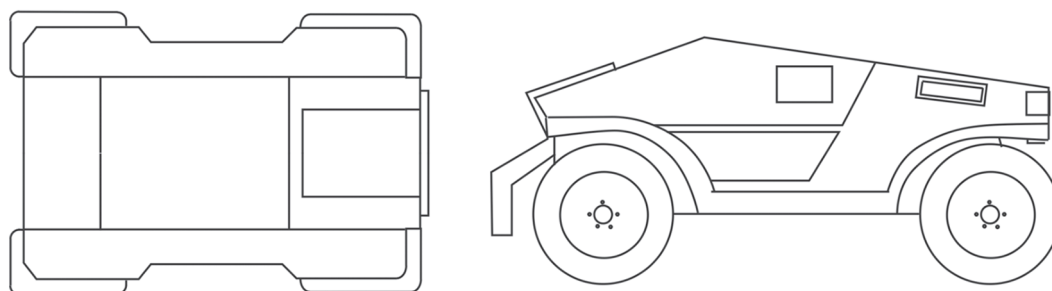


Рис. 1. Опытный образец многофункциональной базовой платформы

Материалы и методы

При проектировании малотоннажных транспортных средств следует как можно больше использовать современные легкие и прочные материалы на базе комбинированных углепластиков и армированных пластмасс, для облегчения веса и уменьшения металлоемкости.

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработан опытный образец многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе, показанный на рис. 1, с диапазоном возможной мощности: 20, 30 и 60 кВт для выполнения технологических операций в сельском хозяйстве.

Время автономной работы многофункциональной базовой платформы – от 4 до 8 часов.

На рис. 2 приведен пример компоновки многофункциональной базовой платформы с инновационным сцепным устройством, снабженным гибкой связью. Это совместная разработка ФГБНУ ФНАЦ ВИМ и ВолгГТУ кафедры «Автомобильный транспорт» [1–9]. Данное устройство позволяет удобно маневрировать при движении МАП задним ходом.

На рис. 3 показан пример использования образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с бороной, оснащенной управляемой гибкой связью.

На рис. 4 показан пример использования образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с фрезерным культиватором, оснащенной управляемой гибкой связью.

На рис. 5 показан пример использования образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с прицепным домиком.

Один из вариантов комплектации прицепного домика (кухня), оснащен автономной системой энергообеспечения (солнечная батарея),

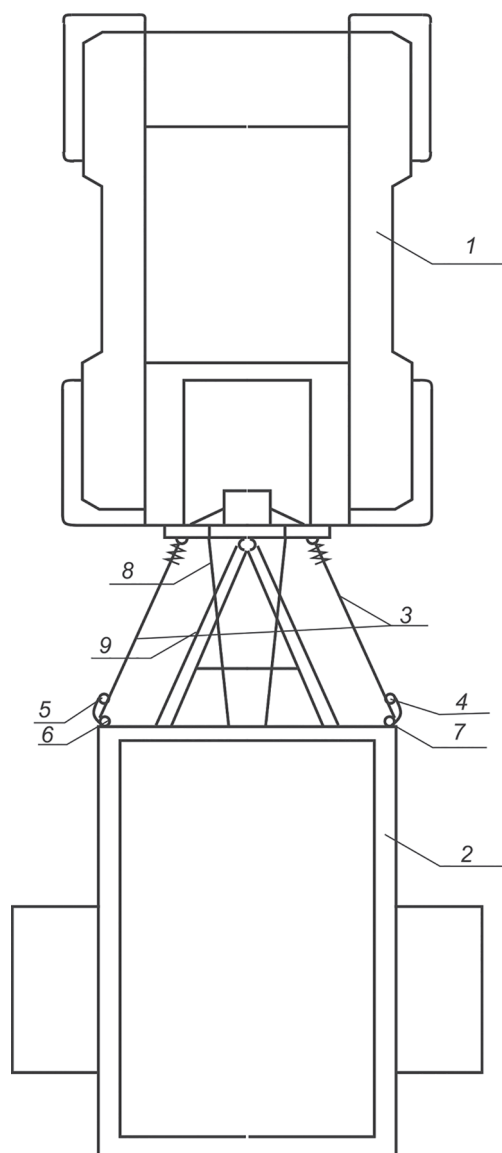


Рис. 2. Опытный образец многофункциональной базовой платформы с прицепом, оснащенный управляемой гибкой связью:

1 – базовая платформа; 2 – прицеп; 3 – трос; 4,5 – компенсаторы натяжения; 6, 7 – направляющие ролики; 8 – кабель; 9 – дышло

электро-газовой плитой, шкафом, свч-печью, разделочным столом, поварским оборудованием, холодильником, биотуалетом, душевой кабиной, навесным баком для воды и вытяжкой.

Так же возможные варианты (кроме кухонь):

а) для переработки отходов животноводческих ферм в биологическое топливо или как средство для внесения удобрения;

б) передвижное оборудование для утилизации мусора;

в) передвижные мастерские.

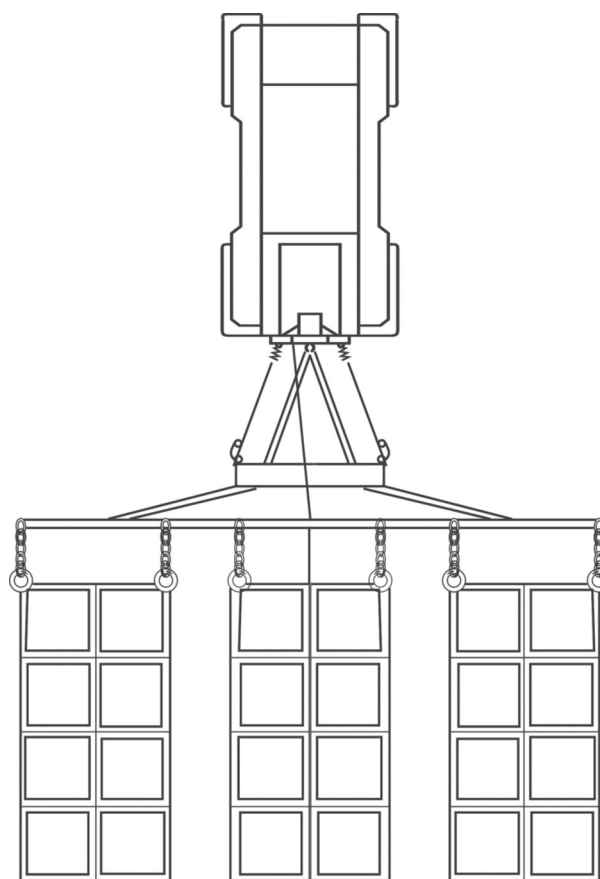


Рис. 3. Использование образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с борной, оснащенной управляемой гибкой связью

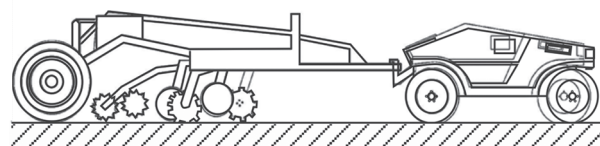


Рис. 4. Использование образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с фрезерным культиватором, оснащенной управляемой гибкой связью

Результаты и обсуждение

Приведенные эти и другие примеры позволяют разнообразить комплекс эффективной малогабаритной техники на базе управляемых МАП для сельскохозяйственных работ в поле, для доставки удобрений, для перевозки необходимого вспомогательного оборудования с целью обеспечения малого ремонта в полевых условиях. При этом большое внимание необходимо уделять социальной составляющей при выполнении сельскохозяйственных работ, а именно созданию

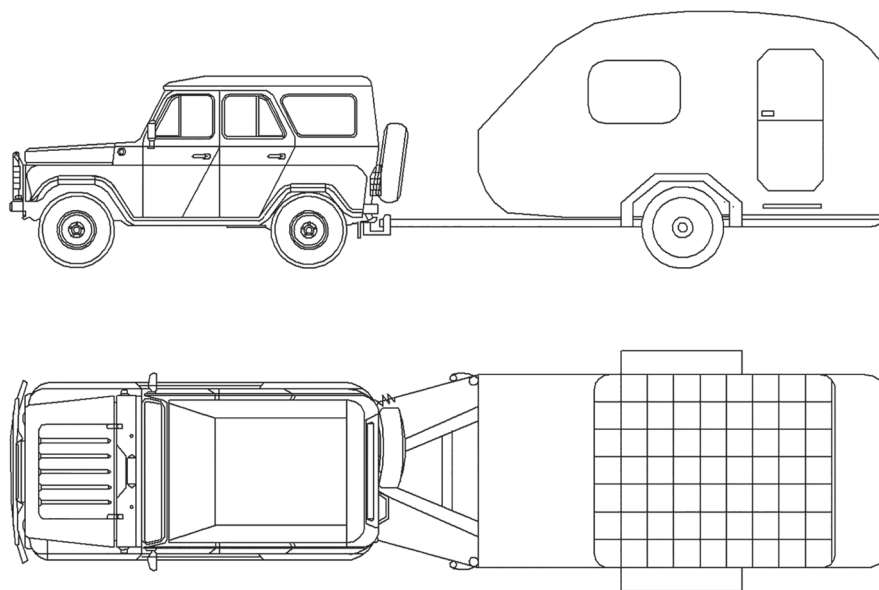


Рис. 5. Использование образца многофункциональной базовой платформы на автоматизированном электрическом приводе с прицепным домиком, оснащенной солнечной батареей на крыше

передвижных мини-кухонь со специализированным оборудованием и возможностью автономного функционирования в полевых условиях. Важным также является и создание передвижных мобильных автомеханических мастерских с автономными системами энергоснабжения.

Для успешного развития и распространения прицепов в разных областях народного хозяйства требуется решить ряд технических задач [1–13]. На рис. 6 приведена разработанная авторами схема взаимосвязей негативных явлений, ухудшающих устойчивость движения прицепа, основных и дополнительных способов их устранения.

говорить только о прицепах с заданной базой, т.к. при проектировании прицепов следует отталкиваться от их базы. Именно назначение прицепа определяет величину базы, а также другие его параметры.

Малыми боковыми силами принято считать те, которые не превышают 20 % от веса транспортного средства, т.к. не влияют на традиционный вид $\varphi-s_x$ -диаграммы [1–3, 8, 9]. Они являются основной причиной бокового увода эластичных колес [4, 10]. В работе [7] показано, что устранение этого нежелательного явления, ухудшающего устойчивость движения прицепа, не представляет трудностей и включает в себя

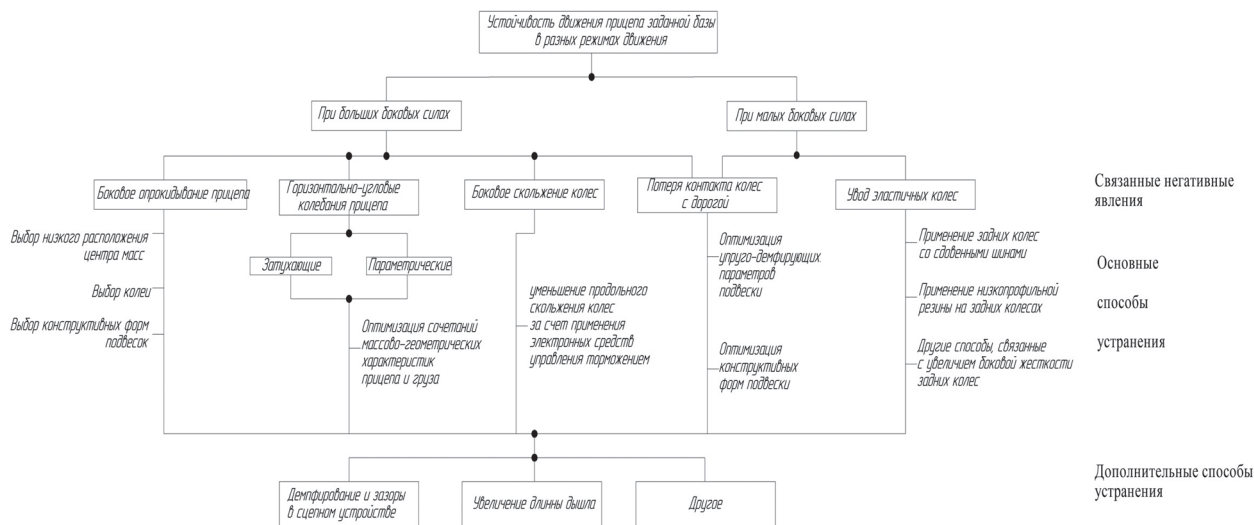


Рис. 6. Схема взаимосвязей негативных явлений, ухудшающих устойчивость движения прицепа, основных и дополнительных способов их устранения

возможные меры, связанные с уменьшением увода задних колес прицепа. Это можно сделать за счет конструктивного перераспределения вертикальных нагрузок или за счет применения задних колес прицепа со сдвоенными шинами, применения низкопрофильных шин на задних колесах и других способов, увеличивающих боковую жесткость шин задних колес прицепа. Выводы [7] построены на анализе моделирования критической скорости прицепа при прямолинейном движении. А малые боковые силы в этом случае могут быть силами бокового ветра, например, или составляющими силы веса от бокового уклона дороги.

Иное дело обстоит в случае криволинейного движения, особенно с большими боковыми силами, превышающими 20 % от веса прицепа. Это чаще всего центробежные силы, возникающие при повороте и смене полосы движения транспортного средства. В последние годы появилась проблема больших боковых сил от воздействия на колеса продольных колеи на нежестких дорожных одеждах, что особенно опасно для прицепов.

Большие боковые силы приводят либо сразу к возникновению бокового скольжения колес, либо к возбуждению горизонтально-угловых колебаний прицепа, которые могут быть затухающими, а могут быть и параметрическими, в зависимости от сочетания ряда конструктивных параметров прицепа. Условия перехода затухающих горизонтально-угловых колебаний прицепа в опасные – параметрические – требуют дополнительных исследований. Это задача сложная и многозначная.

Потеря контакта колес с дорогой при больших скоростях движения автопоезда может иметь место вне зависимости от наличия и величины боковой силы, ухудшая устойчивость, управляемость и тормозную динамику автопоезда. Но эта проблема решается оптимизацией упруго-демпфирующих параметров и конструктивной формы подвески прицепа, а также сцепного устройства

Заключение

Решение данной задачи необходимо для выработки норм безопасной эксплуатации малотоннажных автопоездов с различными видами прицепов при сложных дорожных условиях, продольной колейности и возникновении боковых нагрузок, а также при обгонах.

Литература

1. Михолап Л.А., Комаров Ю.Я., Андреев В.С., Короляш В.А., Барабанов Г.П. Тенденция развития малотоннажных автопоездов, пути повышения активной безопасности, траекторной устойчивости и плавности хода // Известия Военной академии Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого. 2012. № 250. С. 217–222.
2. Балакина Е.В., Кочетков А.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. М.: «Инновационное машиностроение», 2017. 292 с.
3. Балакина Е.В., Зотов Н.М. Устойчивость движения колесных машин. Волгоград: РПК «Политехник», 2011. 464 с.
4. Балакина Е.В. Улучшение устойчивости движения колесной машины на основе предпроектного выбора параметров элементов шасси: монография. Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 467 с.
5. Кравец В.Н., Селифонов В.В. Теория автомобиля. Учебник для вузов. М.: ООО «Гринлайт», 2011. 884 с.
6. Балакина Е.В., Годжаев З.А., Карделов Н.В., Короляш В.А. Перспективы развития малотоннажных поездов // Прогресс транспортных средств и систем – 2018: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 9–11 октября 2018 г.). ВолгГТУ, РФФИ, «ФНПЦ «Титан–Баррикады». Волгоград, 2018. С. 112–114.
7. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Михолап Л.А. Повышение безопасности и маневренности малотоннажного автопоезда при движении // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. Т. 1. № 4 (324). С. 104–110.
8. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Михолап Л.А. Условия безопасной эксплуатации и маневренности малотоннажного автопоезда при критических показателях движения // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 6. С. 3–8.
9. Михолап Л.А. Повышение маневренности малотоннажного автопоезда с одноосным прицепом при транспортировке невибростойких грузов в сложных дорожных условиях: дис. ... канд, техн. наук. М., 2016. 128 с.
10. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда: новые технологии исследования сопротивлений качения и воздуха. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2008. 352 с.
11. Топалиди В.А. Классификация способов и средств повышения курсовой устойчивости прицепов // Автомобильная промышленность. 2018. № 3. С. 9–10.
12. Balakina E.V., Zotov N.M. Determination of the Mutual Arrangement of Forces, Reactions, and Friction

tion Zones in the Contact Zone of an Elastic Wheel with a Solid Surface // *Journal of Friction and Wear*. 2015. Vol. 36. No. 1. P. 29–32.

13. Balakina E.V. Calculation of the Geometric Position and the Sizes of the Static Friction and Sliding Friction Zones at the Point of Contact between an Elastic Wheel and a Firm Surface // *Friction and Wear*. 2017. Vol. 38. No. 2. P. 144–149.
14. Hans B. Pacejka. *Tire and Vehicle Dynamics*. USA, Published by Elsevier Ltd/ 2012. 632 p.
15. Reza N. Jazar. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. – Springer Science + Business Media, LLC, 2008. 1015 p.

References

1. Miholap L.A., Komarov YU.YA., Andreev V.S., Korolyash V.A., Barabanov G.P. The development trend of small-tonnage road trains, ways to increase active safety, trajectory stability and ride. *Izvestiya Voennoj akademii Raketnyh vojsk strategicheskogo naznacheniya imeni Petra Velikogo*. 2012. No 250, pp. 217–222 (in Russ.).
2. Balakina E.V., Kochetkov A.V. Koeffitsient scepneniya shiny s dorozhnym pokrytiem [Road grip coefficient]. Moscow: «Innovacionnoe mashinostroenie» Publ., 2017. 292 p.
3. Balakina E.V., Zotov N.M. Ustojchivost' dvizheniya kolesnyh mashin [Stability of the movement of wheeled vehicles]. Volgograd: RPK «Politehnik» Publ., 2011. 464 p.
4. Balakina E.V. Uluchshenie ustojchivosti dvizheniya kolesnoj mashiny na osnove predproektnogo vybora par-ametров elementov shassi [Improving the stability of the movement of a wheeled vehicle based on a pre-project selection of the parameters of the chassis elements: monograph]; monografiya. Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 467 p.
5. Kravec V.N., Selifonov V.V. *Teoriya avtomobilya* [The theory of automobile]. Uchebник dlya vuzov. Moscow: OOO «Grin-lajt» Publ., 2011. 884 p.
6. Balakina E.V., Godzhaev Z.A., Kardelov N.V., Korolyash V.A. Prospects for the development of small trains. Progress transportnyh sredstv i sistem – 2018: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Volgograd, 9–11 oktyabrya 2018g.) [Progress of vehicles and systems – 2018: international materials. scientific-practical conf. (Volgo-grad, October 9–11, 2018)]. VolgGTU, RFFI, «FNPC «Titan-Barrikady» Publ. Volgograd, 2018, pp. 112–114 (in Russ.).
7. Godzhaev Z.A., Izmajlov A.YU., Miholap L.A. Improving the safety and maneuverability of a small-tonnage road train when driving. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*. 2017. Vol. 1. No 4 (324), pp. 104–110 (in Russ.).
8. Godzhaev Z.A., Izmajlov A.YU., Miholap L.A. Conditions for safe operation and maneuverability of a small-tonnage articulated train with critical traffic indicators. *Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. No 6, pp. 3–8 (in Russ.).
9. Miholap L.A. Povyshenie manevrennosti malotonnazhnogo avtopoezda s odnoosnym pricepom pri transportirovke nevibrostojkikh gruzov v slozhnyh dorozhnyh usloviyah: dis. kand, tekhn. nauk [Improving the maneuverability of a small-tonnage road train with a single-axle trailer when transporting non-rigid loads in difficult road conditions: Dissertation for Degree of Ph.D. (Engineering)]. Moscow, 2016. 128 p.
10. Petrushev V.A. *Avtomobili i avtopoezda: Novye tekhnologii issledovaniya soprotivlenij kacheniya i vozduha* [New technologies for rolling resistance and air research]. Moscow: TORUS PRESS Publ., 2008. 352 p.
11. Topalidi V.A. Classification of methods and means of increasing the exchange rate stability of trailers. *Avtomobily'naya promyshlennost'*. 2018. No 3, pp. 9–10 (in Russ.).
12. Balakina E.V., Zotov N.M. Determination of the Mutual Arrangement of Forces, Reactions, and Friction Zones in the Contact Zone of an Elastic Wheel with a Solid Surface // *Journal of Friction and Wear*. 2015. Vol. 36. No. 1. P. 29–32.
13. Balakina E.V. Calculation of the Geometric Position and the Sizes of the Static Friction and Sliding Friction Zones at the Point of Contact between an Elastic Wheel and a Firm Surface // *Friction and Wear*. 2017. Vol. 38. No. 2. P. 144–149.
14. Hans B. Pacejka. *Tire and Vehicle Dynamics*. USA, Published by Elsevier Ltd/ 2012. 632 p.
15. Reza N. Jazar. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. – Springer Science + Business Media, LLC, 2008. 1015 p.