

Научная статья

УДК 629.3.017

doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-97-103

## Повышение надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре

Рамазан Мусаевич Тавасиев<sup>✉1</sup>, Аркадий Павлович Дзицкоев<sup>2</sup>

Горский государственный аграрный университет, ул. Кирова, д. 37, Владикавказ, Россия, 362040

<sup>✉1</sup>tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>

<sup>2</sup>range-rover\_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

**Аннотация.** При эксплуатации сельскохозяйственной техники около 50% ее деталей переходят в неработоспособное состояние при износах, не превышающих 0,1 мм. Значительную долю в этом объеме занимают детали из алюминиевых сплавов, обладающие положительными свойствами и благодаря этому широко применяемые в сельскохозяйственном машиностроении, но имеющие низкую износостойкость и, соответственно, надежность и долговечность. Для решения данной проблемы разработан металло-кварцевый композитный материал (МККМ), способный стать перспективным в различных областях машиностроения, в частности в автотракторном. Для повышения надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре в качестве рабочей поверхности рекомендуется использовать МККМ. Разработан и изготовлен стенд для имитационных испытаний тормозной системы транспортного средства с МККМ. Соответствующие испытания показали работоспособность инновационного гидроцилиндра с МККМ. Гидроцилиндр, изготовленный на основе металло-кварцевого композитного материала, был установлен в качестве тормозного цилиндра в автомобильное колесо. Последнее разгонялось до 920 об/мин, что соответствовало примерно 100 км/ч поступательного движения транспортного средства. Торможение колеса осуществлялось в полном соответствии с реальными условиями. При этом давление в тормозной системе доходило до 15 МПа. Время торможения колеса на стенде практически совпадало с соответствующим периодом времени, который характерен для транспортного средства при определенной скорости его движения (1,5...2,5 с), повторность каждого замера была трехкратной. Исследования показали, что разработанный МККМ может быть использован при изготовлении гидроцилиндров тормозной системы тракторов и автомобилей. Учитывая свойства МККМ можно спрогнозировать существенное повышение надежности и долговечности колесных гидроцилиндров до 1 млрд рабочих циклов.

**Ключевые слова:** стенд, гидроцилиндр, тормозная система, имитация, надежность и долговечность

**Для цитирования:** Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Повышение надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 97–103. doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-97-103

Original article

## Improving the reliability and durability of the brake systems of vehicles in the wheel hydraulic cylinder

Ramazan M. Tavasiev<sup>✉1</sup>, Arkady P. Dzitsoev<sup>2</sup>

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

<sup>✉1</sup>tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>

<sup>2</sup>range-rover\_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

**Abstract.** During the operation of agricultural machinery, about 50% of its parts become inoperable with wear not exceeding 0.1 mm. A significant share in this volume is occupied by parts made of aluminum alloys, which have positive properties and, due to this, are widely used in agricultural engineering, but have low wear resistance and, accordingly, reliability and durability. To solve this problem, a metal-quartz composite material (MQCM) has been developed that can become promising in various fields of mechanical engineering, in particular, in the automotive and tractor industry. To improve the reliability and durability of the brake systems of vehicles in the wheel hydraulic cylinder, it is recommended to use MQCM as a working surface. A stand for simulation tests of the brake system of a vehicle with MQCM was developed and manufactured. Relevant tests have shown the performance of the innovative hydraulic cylinder with MKKM. A hydraulic cylinder made of a metal-quartz composite material was installed as a brake cylinder in an automobile wheel. The latter accelerated to 920 rpm, which approximately corresponded to 100 km/h of forward movement of the vehicle. The braking of the wheel was carried out in full accordance with the real conditions. At the same time, the pressure in the brake system reached 15 MPa. The braking time of the wheel on the stand practically coincided with the corresponding period of time, which is typical for the vehicle at a certain speed of its movement (1.5-2.5 s), each measurement was done three times. Studies have shown that the developed MQCM can be used in the manufacture of hydraulic cylinders for the brake system of tractors and cars. Taking into account the properties of MQCM, it is possible to predict a significant increase in the reliability and durability of wheel hydraulic cylinders up to 1 billion operating cycles.

**Keywords:** stand, hydraulic cylinder, brake system, simulation, reliability and durability

**For citation.** Tavasiev R.M., Dzitsoev A.P. Improving the reliability and durability of the brake systems of vehicles in the wheel hydraulic cylinder. *Izvestiya Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;2(40):97–103. (In Russ.) doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-97-103

**Введение.** В качестве материала для изготовления поршней используются главным образом литейные алюминиевые сплавы, в то время как гильзы состоят из закаленных сталей. В связи с этим при их взаимодействии с рабочей поверхностью поршня происходит ее интенсивное изнашивание. Кроме этого, на износ рабочих поверхностей поршня и гильзы гидроцилиндра влияют посторонние примеси (загрязнители), содержащиеся в рабочей жидкости гидроагрегатов. Твердость таких загрязнителей в 3 раза больше твердости материалов, применяемых для изготовления подвижного соединения «поршень–гильза» гидроагрегатов. После попадания в зазоры между совершающими возвратно-поступательное движение деталями неотфильтрованные твердые частицы могут не только вызывать повышенный износ, но и увеличить силы трения [1].

Вследствие вышеперечисленных факторов гидроцилиндр после некоторой продолжительности эксплуатации переходит в неработоспособное состояние, так как зазор в сопряжении «поршень–гильза» оказывается достаточным для того, чтобы масло свободно перетекало из одной полости гидроци-

линдра в другую, не создавая при этом требуемого давления.

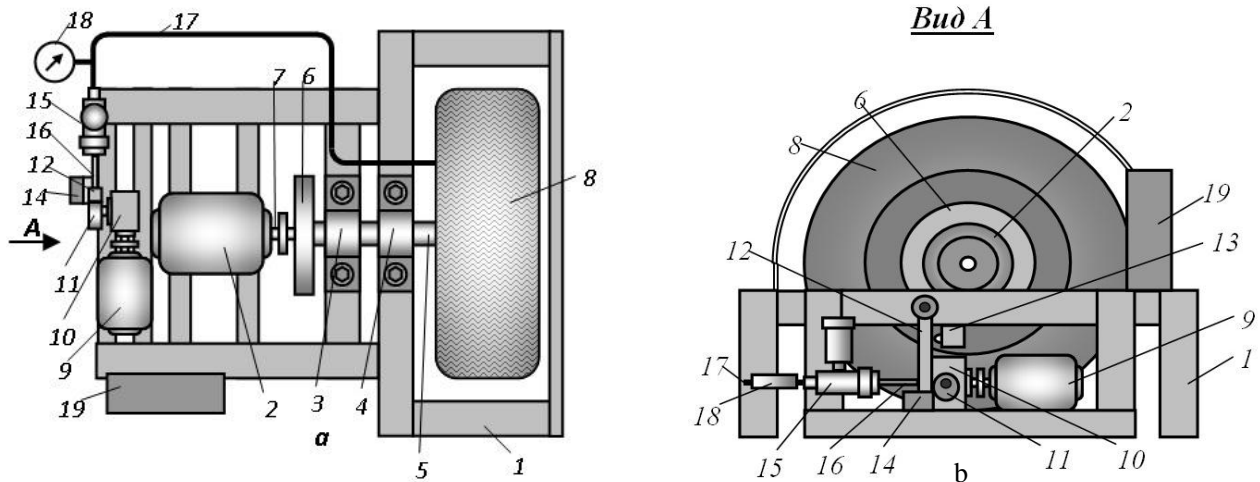
**Цель исследования** – повышение надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре.

**Методика проведения исследования.** В Горском государственном аграрном университете (г. Владикавказ) разработан металло-кварцевый композитный материал (МККМ) [2–4], способный стать перспективным в различных областях машиностроения, в частности в автотракторном [5–9].

Для повышения надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре в качестве рабочей поверхности предложено использовать МККМ. Для проведения соответствующего исследования разработан стенд (рис. 1, табл. 1).

Стенд предназначен для проведения исследовательских испытаний гидроцилиндров, разработанных и изготовленных на основе МККМ, в условиях, приближенных к реальным [10, 11].

На рисунке 1а изображена схема общего вида испытательного стенда, на рисунке 1б – вид А, на рисунке 2 – схема тормозного механизма, на рисунке 3 – рабочий гидроцилиндр колеса.



**Рисунок 1.** Стенд для проведения имитационных испытаний высокопрочных износостойких гидроцилиндров, изготовленных на основе металло-кварцевых композитных материалов, в условиях, приближенных к реальным: а – общий вид; б – вид А;

1 – станина; 2 – электродвигатель; 3, 4 – опоры; 5 – вал; 6 – маховик; 7 – вал электродвигателя; 8 – колесо; 9 – электродвигатель; 10 – редуктор; 11 – кулачок; 12 – маятник; 13 – концевой выключатель; 14 – счетчик; 15 – приводной гидроцилиндр; 16 – шток; 17 – трубка; 18 – манометр; 19 – пульт управления; 20 – защитный кожух

**Figure 1.** A stand for conducting simulation tests of high-strength wear-resistant hydraulic cylinders made on the basis of metal-quartz composite materials in conditions close to real:

a – general view; b – view A;

1 – bed; 2 – electric motor; 3, 4 – supports; 5 – shaft; 6 – flywheel; 7 – motor shaft; 8 – wheel; 9 – electric motor; 10 – reducer; 11 – cam; 12 – pendulum; 13 – limit switch; 14 – counter; 15 – drive hydraulic cylinder; 16 – stock; 17 – tube; 18 – pressure gauge; 19 – control panel; 20 – protective cover

**Таблица 1.** Основные технические характеристики стенда  
**Table 2.** Main technical characteristics of the stand

№№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Тип стенда	–	гидромеханический, с электроприводом
2	Пределы регулирования давления рабочей жидкости в гидросистеме стенда	МПа	0-15
3	Электропривод колеса: мощность частота вращения вала	кВт мин <sup>-1</sup>	1,1 920
4	Электропривод гидроцилиндра: мощность частота вращения вала	кВт мин <sup>-1</sup>	0,25 890
5	Рабочая жидкость в гидросистеме	–	тормозная жидкость
6	Пределы измерения манометра	МПа	0-30
7	Масса стенда	кг	95
8	Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	920 920 100

Стенд устроен следующим образом. На станине 1 (рис. 1) неподвижно установлены электродвигатель 2 и опоры 3 и 4. В опорах 3 и 4 с возможностью вращения установлен вал 5. Один конец вала 5 посредством маховика 6 связан с валом 7 электродвигателя 2. На другом конце вала 7 установлено автомобильное колесо 8. На станине 1 установлен электродвигатель 9. Вал электродвигателя 9 сопряжен с ведущим валом червячного редуктора 10, который неподвижно установлен на станине 1.

На ведомом валу редуктора 10 установлен кулачок 11, рабочая поверхность которого сопряжена с маятником 12, шарнирно связанным со станиной 1. Маятник взаимодействует с концевым выключателем 13 и счетчиком 14, которые установлены на станине. Приводной гидроцилиндр 15 неподвижно установлен на станине. Шток 16 силового гидроцилиндра шарнирно связан с маятником 12. Рабочая полость приводного гидроцилиндра 15 сообщается с рабочим гидроцилиндром тормозного механизма колеса 8 посредством трубки высокого давления 17. На трубке установлен манометр 18. На верхней площадке станины размещен пульт управления 19. Стенд снабжен защитным кожухом 20.

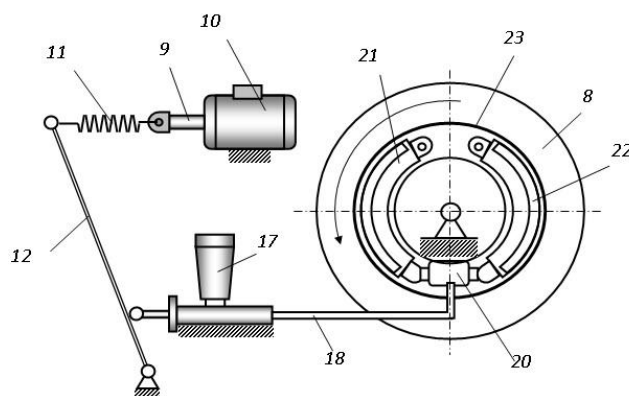
Тормозной механизм колеса 8 (рис. 2) включает рабочий гидроцилиндр 21, тормозные колодки 22 и 23 и барабан 24.

Рабочий гидроцилиндр (рис. 3) включает корпус 25 с крышками 26 и 27, установленный в корпусе лабораторный образец 28 и размещенные в нем поршни 29 и 30 со штоками 31 и 32.

Испытательный стенд работает следующим образом. Электродвигатель 2 приводит во вращение колесо 8, а электродвигатель 9 – кулачок 11.

Кулачок 11 посредством маятника 12 воздействует на шток 16 приводного гидроцилиндра 15. Маятник 12 взаимодействует с концевым выключателем 13, который связан с электропитанием двигателя 2.

При рабочем ходе штока 16 в некоторый момент концевой выключатель срабатывает и двигатель 2 отключается. Кулачок 11 продолжает воздействовать на шток гидроцилиндра 15. Начинается торможение колеса 8. Электродвигатель 2 набирает обороты и все повторяется заново.

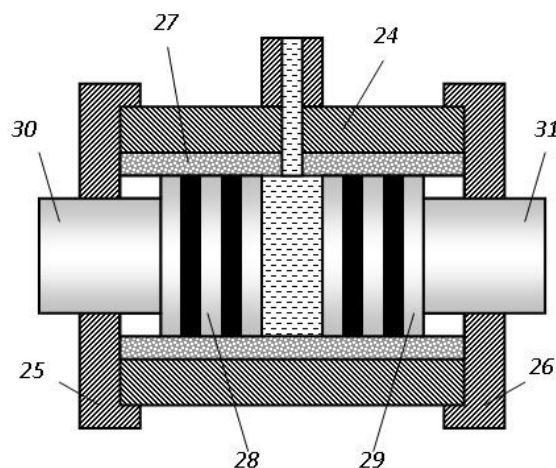


**Рисунок 2.** Схема тормозного механизма стенда для проведения имитационных испытаний гидроцилиндров:

8 – колесо; 9 – шток; 10 – стягивающее реле; 11 – пружина; 12 – рычаг; 17 – приводной гидроцилиндр; 18 – рукав; 20 – рабочий гидроцилиндр; 21, 22 – колодки; 23 – барабан

**Figure 2.** Diagram of the brake mechanism of the stand for conducting simulation tests of hydraulic cylinders:

8 – wheel; 9 – stock; 10 – retractor relay; 11 – spring; 12 – lever; 17 – drive hydraulic cylinder; 18 – sleeve; 20 – working hydraulic cylinder; 21, 22 – pads; 23 – drum



**Рисунок 3.** Рабочий гидроцилиндр:

24 – корпус; 25, 26 – крышки; 27 – лабораторный образец; 28, 29 – поршни; 30, 31 – штоки

**Figure 3.** Working hydraulic cylinder:

24 – body; 25, 26 – covers; 27 – laboratory sample; 28, 29 – pistons; 30, 31 – rods

Порядок проведения исследования:

- вставить испытуемый образец 28 в гидроцилиндр 21;
- собрать гидроцилиндр 21 и установить его на место;

- гидросистему стенда заполнить тормозной жидкостью;
- прокачать гидросистему, чтобы в ней отсутствовал воздух;
- включить счетчик импульсов 14;
- запустить электродвигатель 2;
- при полном наборе оптимальных оборотов двигателем 2 запустить электродвигатель 9.

Наработку контролировали по числу циклов из показаний счетчика 14. После завершения серии опытов следует отключить электропитание стенда, слить тормозную жидкость, снять рабочий гидроцилиндр и проверить на сохранность герметичности. При необходимости исследовать рабочую поверхность испытуемого образца с помощью микроскопа и дефектоскопа.

Была создана комиссия по проведению первичной, периодической и повторной аттестации испытательного стенда. Комиссия в полном составе, согласно утвержденной методике, провела первичную аттестацию стенда. В соответствии с результатами аттестации стенд признан пригодным для использования при проведении имитационных испытаний

высокопрочных износостойких гидроцилиндров, изготовленных на основе МККМ, в условиях, приближенных к реальным.

**Результаты исследования.** Гидроцилиндр, изготовленный на основе МККМ, был установлен в качестве тормозного цилиндра в автомобильное колесо. Последнее разгонялось до 920 об/мин, что соответствовало примерно 100 км/ч поступательного движения транспортного средства. Торможение колеса осуществлялось в полном соответствии с реальными условиями. При этом давление в тормозной системе доходило до 15 МПа. Время торможения колеса на стенде практически совпадало с соответствующим периодом времени, который характерен для транспортного средства при определенной скорости его движения (1,5-2,5 с), повторяемость каждого замера была трехкратной.

**Вывод.** Разработанный МККМ может быть использован при изготовлении гидроцилиндров тормозной системы тракторов и автомобилей. Учитывая свойства МККМ, можно спрогнозировать существенное повышение надежности и долговечности колесных гидроцилиндров до 1 млрд рабочих циклов.

### Список литературы

1. Кобзов Д. Ю., Жмуров В. В., Кобзова И. О., Кулаков А. Ю. Практические рекомендации по повышению конструкционной надежности гидроцилиндров // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 1(13). С. 45–48.
2. Тавасиев Р. М., Цебоев Э. А. Использование нового материала в цилиндрах гидроприводов // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 1. С. 35–37.
3. Патент 2389622 Российская Федерация, МПК В60Т 11/16. Гидропневмоцилиндр / Р. М. Тавасиев, Э. А. Цебоев, В. Т. Баликоев, А. Ф. Фидаров; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Старт» (ООО «Старт»). № 2008141030/11; заявл. 15.10.2008; опубл. 20.05.2010, Бюл. № 14. 3 с.
4. Тавасиев Р. М., Субботина И. М., Чебан Т. В., Козаев Т. С. Состав и некоторые свойства стеклокварцевого компонента металло-кварцевого композитного материала // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 3. С. 233–236.
5. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97.
6. Жирикова З. М., Алоев В. З. Взаимосвязь структурных характеристик и модуля упругости дисперсно-наполненных полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 98–104. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104.
7. Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В., Тарчокова М. А. Алгоритм расчета температурных ресурсов эксплуатации полимерных материалов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 1(31). С. 39–43.
8. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Характерные неисправности топливopодкачивающих насосов в процессе эксплуатации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 102–107.

9. Батыров В. И., Шехихачев Ю. А. Критерии оценки качества функционирования топливной аппаратуры // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Коква. 2020. № 3(29). С. 99–103.
10. Тавасиев Р. М., Льянов М. С., Туриев О. И. Способ повышения надежности и долговечности гидравлических систем, машин и оборудования // Известия Горского ГАУ. 2011. Т. 48. № 2. С. 154–158.
11. Патент 2263593 Российская Федерация, МКП<sub>7</sub> В 60 Т 11/16. Рабочий орган гидравлических тормозных систем / Р. М. Тавасиев; заявитель и патентообладатель Горский государственный аграрный университет. № 2002131039/11, заявл. 18.11.2002; опубл. 10.11.2005. Бюл. № 31. 2 с.

### References

1. Kobzov D.Yu., Zhmurov V.V., Kobzova I.O., Kulakov A.Yu. Practical recommendations about raise constructional reliability of the hydrocylinders // *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2012;1(13):45–48. (In Russ.)
2. Tavasiev R.M., Tseboev E.A. Use of a new material in hydraulic cylinders. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2009;(1):35–37. (In Russ.)
3. Patent Russian Federation № 2389622, Int. Cl. B60T 11/16. Hydro pneumatic cylinder. R.M. Tavasiev, E.A. Tseboev, V.T. Balikoev, A.F. Fidarov; applicant and patent holder Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Start" (ООО "Start") No 2008141030/11, application 15.10.2008; publ. 20.05.2010, Bul. No.14. 3 p. (In Russ.)
4. Tavasiev R.M., Subbotina I.M., Cheban T.V., Kozaev T.S. Composition and some properties of quartz glass component in metal quartz composite material. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012;49(3):233–236. (In Russ.)
5. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimizing the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97. (In Russ.)
6. Zhirikova Z.M., Alov V.Z. Relationship of structural characteristics and modulus of elasticity of dispersed-filled polymer composites based on ultra-high molecular polyethylene. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;1(35):98–104. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104. (In Russ.)
7. Alov V.Z., Zhirikova Z.M., Alov K.V., Tarchokova M.A. Temperature resource calculation algorithm operation of polymer material. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;1(31):39–43. (In Russ.)
8. Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I. Characteristic faults of fuel supply pumps during operation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;2(32):102–107. (In Russ.)
9. Batyrov V.I., Shekikhachev Y.A. Fuel equipment quality assessment criteria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;3(29):99–103. (In Russ.)
10. Tavasiev R.M., Lyanov M.S., Turiev O.I. Method increasing the reliability and durability of hydraulic systems in machines and other equipment. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011;48(2):154–158. (In Russ.)
11. Patent 2263593 Russian Federation. Int. Cl.<sub>7</sub> В 60 Т 11/16. Working member of hydraulic brake systems / R.M. Tavasiev; applicant and patent holder Gorskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2002131039/11; application 18.11.2002; publ. 10.11.2005. Byul. No.31. 2 p. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Тавасиев Рамазан Мусаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5113-4649, Author ID: 741957

**Дзицкоев Аркадий Павлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры техники и технологии наземного транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3643-8139, Author ID: 945581

---

**Information about the authors**

**Ramazan M. Tavasiev** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5113-4649, Author ID: 741957

**Arkady P. Dzitsoev** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering and Technology of Land Transport, Gorsky GAU, SPIN-code: 3643-8139, Author ID: 945581

---

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** All the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 14.04.2023;  
одобрена после рецензирования 02.05.2023;  
принята к публикации 10.05.2023.*

*The article was submitted 14.04.2023;  
approved after reviewing 02.05.2023;  
accepted for publication 10.05.2023.*