

ГРНТИ 68.85.87

УДК 631.3

DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-119-126

### Повышение эффективности использования полноприводных автомобилей марки КамАЗ на транспортных работах

Александр Валерьевич Замятин<sup>1</sup>, Олеся Павловна Митрохина<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Щитов<sup>3</sup>, Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>4</sup>,  
Павел Викторович Тихончук<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, Хабаровский край, Хабаровск, Россия

<sup>2,3,4,5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru](mailto:Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru), <sup>2</sup> [m.o.p80@yandex.ru](mailto:m.o.p80@yandex.ru), <sup>3</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru),

<sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>5</sup> [rector@dalgau.ru](mailto:rector@dalgau.ru)

**Аннотация.** Транспортные работы занимают большую долю от всех видов работ в транспортно-технологическом обеспечении сельскохозяйственных предприятий Амурской области, где расстояние от крайней западной точки области до крайней восточной точки составляет свыше одной тысячи километров, а расстояние между южной и северной точками – более 600 километров. При этом основными гипсометрическими особенностями являются перепады высот от 500 до полутора тысяч метров над уровнем моря. Кроме того, что область имеет большую протяженность грунтовых дорог, транспортные работы в рассматриваемом регионе осложнены значительными расстояниями между населёнными пунктами. Также необходимо отметить, что в ряд северных районов грузы можно завозить только в зимний период по временным дорогам, имеющим различную поверхность движения по условиям сцепления и особенностям рельефа. Все вышеперечисленные особенности территории вызывают определённые трудности при перевозке грузов, так как выполнение операций автомобилями ограничено условиями их поперечной устойчивости. При движении по поверхностям, имеющим большой угол наклона, происходит резкое попеременное перераспределение весовой нагрузки между движителями, что приводит к поломке агрегатов и узлов ходовой части. Одним из решений данной задачи является внедрение технических устройств, способствующих снижению переменной нагрузки на движители. Перспективным приёмом, как показывают исследования, может быть способ перераспределения веса в ходовой части самого транспортного агрегата, что повысит срок службы движителей и эффективность использования автомобиля. В представленной статье приводятся результаты исследований по повышению эффективности использования полноприводных автомобилей семейства КамАЗ при транспортировке груза при установленном перераспределяющем устройстве «Рамочный регулятор нагрузки», на которое получен патент РФ № 166665.

**Ключевые слова:** автомобиль КамАЗ, нагрузка, рамочный регулятор нагрузки, движитель, сцепной вес, высота подъёма, эффективность использования автомобиля

**Для цитирования:** Повышение эффективности использования полноприводных автомобилей марки КамАЗ на транспортных работах / А. В. Замятин, О. П. Митрохина, С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, П. В. Тихончук // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 1 (61). С. 119–126. doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-119-126.

### Improving the utilization efficiency of AWD vehicles of KamAZ brand in transportation operations

Aleksandr V. Zamyatin<sup>1</sup>, Olesya P. Mitrokhina<sup>2</sup>, Sergey V. Shchitov<sup>3</sup>,  
Evgeniy E. Kuznetsov<sup>4</sup>, Pavel V. Tikhonchuk<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Khabarovskiy krai, Khabarovsk, Russia

<sup>2,3,4,5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru](mailto:Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru), <sup>2</sup> [m.o.p80@yandex.ru](mailto:m.o.p80@yandex.ru), <sup>3</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru),  
<sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>5</sup> [rector@dalgau.ru](mailto:rector@dalgau.ru)

**Abstract.** Transportation operations occupy a large share of all types of work in the transport and technological support of agricultural enterprises of the Amur region, where the distance from the extreme western point of the region to the extreme eastern one is over 1 000 kilometers, and the distance between the southern and northern points is more than 600 kilometers. The main hypso-metric features are elevation changes from 500 to 1 500 meters above sea level. In addition to the fact that the region has a large length of dirt roads, transportation operations in the region under consideration are also complicated by significant distances between settlements. It should also be noted that in a number of northern regions, cargo can only be delivered in the winter period on temporary roads that have a different surface of movement according to adhesion conditions and terrain features. All of the above features of the territory certain difficulties in the transportation of goods, since car operations are limited by the conditions of transverse stability. When driving on surfaces with a large angle of inclination, a sharp alternating redistribution of the weight load between the movers occurs. It leads to breakdown of the units and components of the undercarriage. One of the solutions to this problem is the introduction of technical devices that help to reduce the variable load on the movers. A promising technique, as studies show, can be a way to redistribute the weight in the chassis of the transport unit itself, which will increase the service life of the propulsion units and the efficiency of the vehicle. This article presents the research findings on improving the utilization efficiency of AWD vehicles of KamAZ brand for transporting cargo with the installed redistributing device «Frame load regulator», for which the Russian Federation patent No. 166665 has been obtained.

**Keywords:** vehicle KamAZ, load, frame load regulator, mover, adhesion weight, lifting range, the efficiency of using a vehicle

**For citation:** Zamyatin A. V., Mitrokhina O. P., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Tikhonchuk P. V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya polnoprivodnyh avtomobilej marki KamAZ na transportnyh rabotah [Improving the utilization efficiency of AWD vehicles of KamAZ brand in transportation operations]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2022; 1 (61): 119–126. (in Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-119-126.

**Введение.** Условия выполнения транспортных работ в Амурской области заметно отличаются от соответствующих условий в других регионах Дальневосточного федерального округа. Важное отличие состоит в том, что природно-климатические и дорожные условия области при производстве транспортных работ значительно изменяются по мере удаления от южных, наиболее обустроенных и развитых районов.

Также следует учитывать, что расстояние от крайней западной точки области до крайней восточной точки составляет свыше одной тысячи километров, а расстояние между южной и северной точками достигает более 600 километров. При этом основными гипсометрическими особенностями являются перепады высот от 500 до полутора тысяч метров над уровнем моря. Перепад же суточных температур, особенно в зимний период времени, составляет до 40 градусов Цельсия.

Вместе с тем, необходимо заметить, что в ряд отдалённых районов груз можно доставлять только по временным дорогам («зимникам»), которые не всегда отвечают требованиям безопасной эксплуатации, а транспортные работы осложнены ещё и значительными расстояниями между населёнными пунктами. Эксплуатация автомобилей по временным дорогам требует наличия и использования автомобилей семейства КамАЗ высокой проходимости. Отмечено, что важной составляющей безопасности перевозок при выполнении транспортных работ в условиях движения по склоновым поверхностям является неравномерное распределение нагрузки между движителями автомобиля из-за неровности проезжей части [1].

Перечисленные особенности территории актуализируют тему исследования и обосновывают необходимость поиска способов дополнительной адаптации автомобилей к условиям эксплуатации. С

этой целью предлагается устанавливать в ходовую часть автомобиля устройство, позволяющее регулировать весовую нагрузку между двигателями и тем самым продлить срок эксплуатации автомобилей, повысить эффективность их использования за счёт сокращения резких перепадов нагрузки в ходовой системе [3, 5, 7].

**Цель работы состоит в повышении эффективности использования автомобилей семейства КамАЗ при перераспределении нагрузки в ходовой части транспортного агрегата.**

**Условия и методы исследования.** При проведении теоретических и экспериментальных исследований использовались математическое моделирование и планирование многофакторного эксперимента, методы математической статистики и теории вероятности, общеизвестные положения теоретической механики и деталей машин.

Применение перечисленных методов и способов позволяет достаточно оце-

нить получаемые аналитические и экспериментальные зависимости, установить существующие и проявляющиеся взаимосвязи, характеризующие процесс перераспределения весовой нагрузки между двигателями автомобиля с использованием предлагаемого устройства: рамочного регулятора нагрузки, выполненного по патенту РФ № 166665 (рис. 1) [6].

В эксперименте для определения распределяемой нагрузки на двигатели задействовались весы платформенные электронные МВСК(В) (рис. 2).

При определении угла наклона заднего ведущего моста применялись цифровые инклинометры Absolute Digital Protractor (рис. 3).

Для обработки полученных экспериментальных данных использовались методы статистической обработки на персональных компьютерах с применением программ *KPS* и *Statistika-7*.



**Рисунок 1 – Устройство для межколёсного перераспределения веса (рамочный регулятор нагрузки)**



Рисунок 2 – Весы платформенные электронные МВСК(В)



Рисунок 3 – Инклинометр Absolute Digital Protractor

**Результаты исследований.** При проведении исследований, позволяющих определить влияние предлагаемого устройства на перераспределение нагрузки внутри транспортного агрегата, проводили изменение угла наклона заднего моста автомобиля.

Установлено, что при изменении угла наклона (в правую сторону по ходу движения) заднего ведущего моста автомобиля КамАЗ, произошло перераспределение весовой нагрузки внутри транспортного

агрегата. Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунках 4–5.

Полученная зависимость нагрузки приходящейся на правое заднее колесо, от высоты подъёма левого заднего колеса, может быть описана полиномиальными уравнениями:

- 1) для серийного автомобиля:  

$$y = 0,1028x^2 + 14,85x + 931,78$$
- 2) для экспериментального автомобиля:  

$$y = -0,0882x^2 + 5,0317x + 933,43$$

Полученная зависимость нагрузки приходящейся на правое переднее колесо, от высоты подъёма левого заднего колеса, может быть описана полиномиальными уравнениями:

1) для серийного автомобиля:

$$y = -1,94x^2 + 73,365x + 1802,4$$

2) для экспериментального автомобиля:

$$y = -0,108x^2 + 22,127x + 1792,7$$

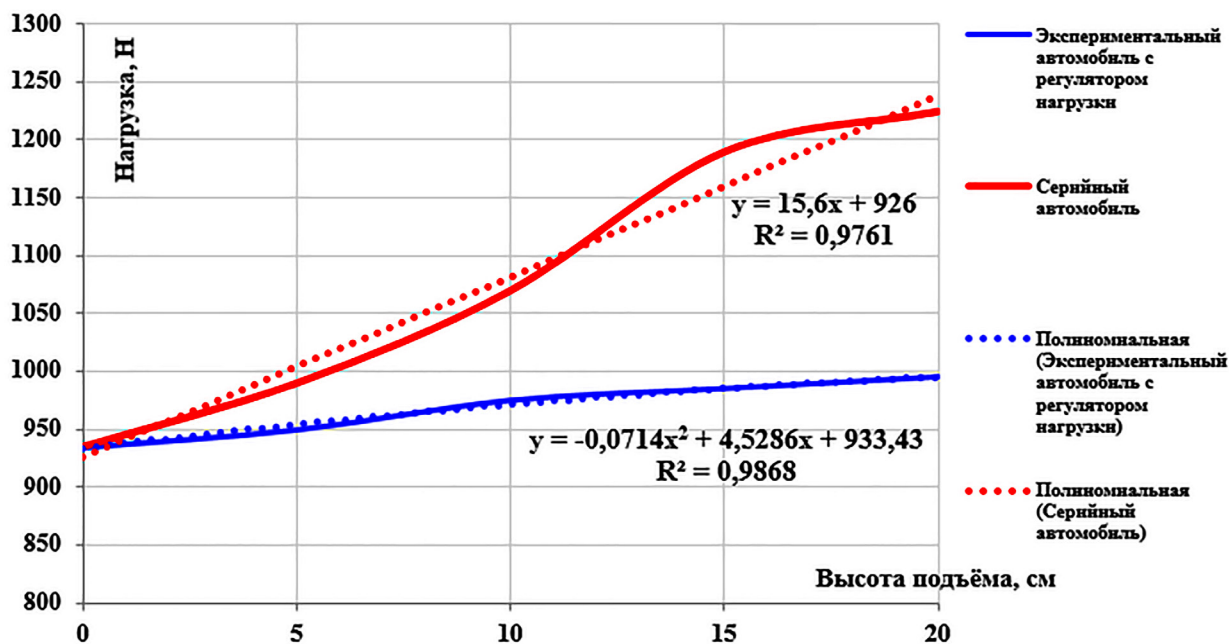


Рисунок 4 – Зависимость нагрузки, приходящейся на правое заднее колесо, от высоты подъёма левого заднего колеса

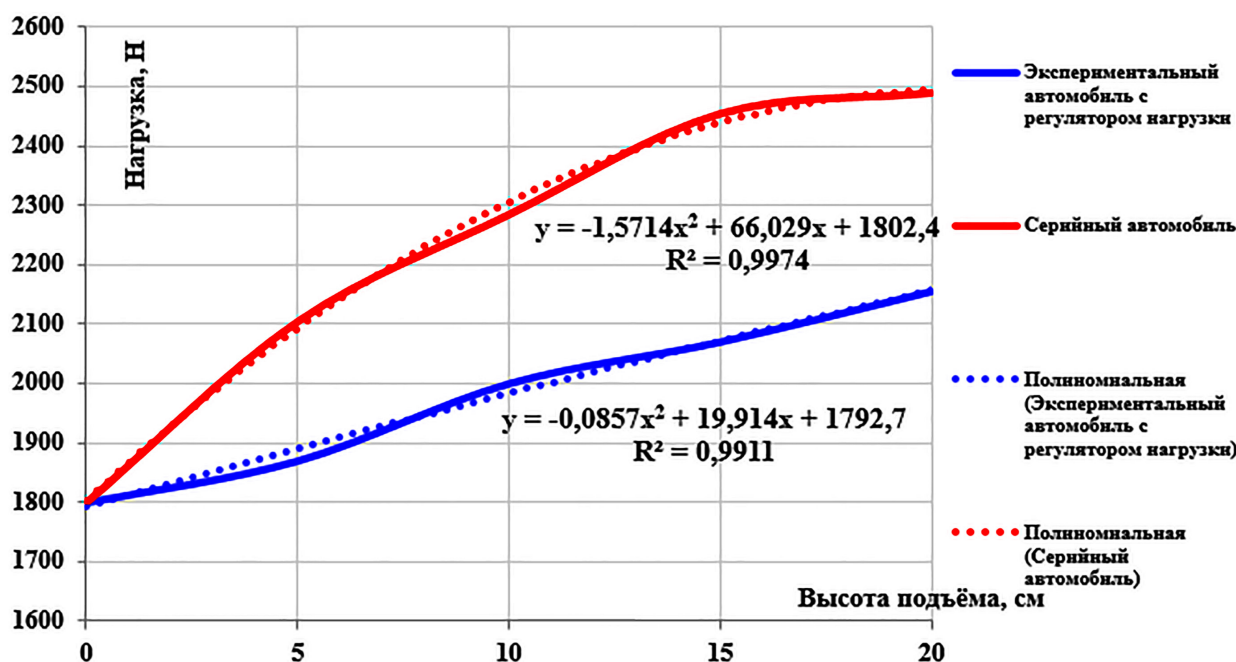


Рисунок 5 – Зависимость нагрузки, приходящейся на правое переднее колесо, от высоты подъёма левого заднего колеса

Как показали проведённые исследования, при подъёме левого заднего колеса (наезд на препятствие или движение по склону) произошло перераспределение нагрузки между колёсами автомобиля. Так, при подъёме колеса (рис. 4) от нуля до 0,2 м весовая нагрузка, приходящаяся на заднее правое колесо, изменилась как у серийного, так и у экспериментального автомобиля. У серийного это изменение составило с 0,950 до 1,251 кН, а у экспериментального – с 0,945 до 1,020 кН, то есть соответственно на 31,7 и 7,4 %.

Изменение весовой нагрузки переднего правого колеса (рис. 5) соответственно составило 28,9 и 21,8 %. Полученные данные подтверждают снижение весовой нагрузки на колесо, находящееся ниже по склону, что позволяет повысить поперечную устойчивость автомобиля при движении по склону или при наезде на препятствие.

Для всестороннего анализа на рисунке 6 приведены обобщённые показатели перераспределения весовой нагрузки в ходовой системе транспортного агрегата.

**Заключение.** В результате проведённых исследований установлено, что для повышения эффективности использо-

вания колёсных грузовых автомобилей на транспортных работах необходимо увеличение их тягово-сцепных свойств и улучшение условий поперечной устойчивости за счёт корректирования величины вертикальной нагрузки и веса, приходящихся на движители автомобиля.

Использование экспериментального автомобиля КамАЗ-5350 с рамочным регулятором нагрузки позволило повысить производительность в расчёте на один час времени движения на 11,9 % и при этом снизить расход топлива на 14,6 % по сравнению с серийным КамАЗ-5350, а также получить экономию 3,242 МДж/т·км, что в пересчёте на один рабочий день составит 628,948 МДж, а в денежном эквиваленте – 225,1 рублей.

Проведённые исследования подтвердили способность предлагаемого устройства (рамочного регулятора нагрузки) к корректированию веса в ходовой части автомобиля при движении по склоновым поверхностям, что, с учётом данных [2, 4, 8], выделяет предлагаемое решение и обосновывает его перспективы при дальнейшем производственном внедрении.

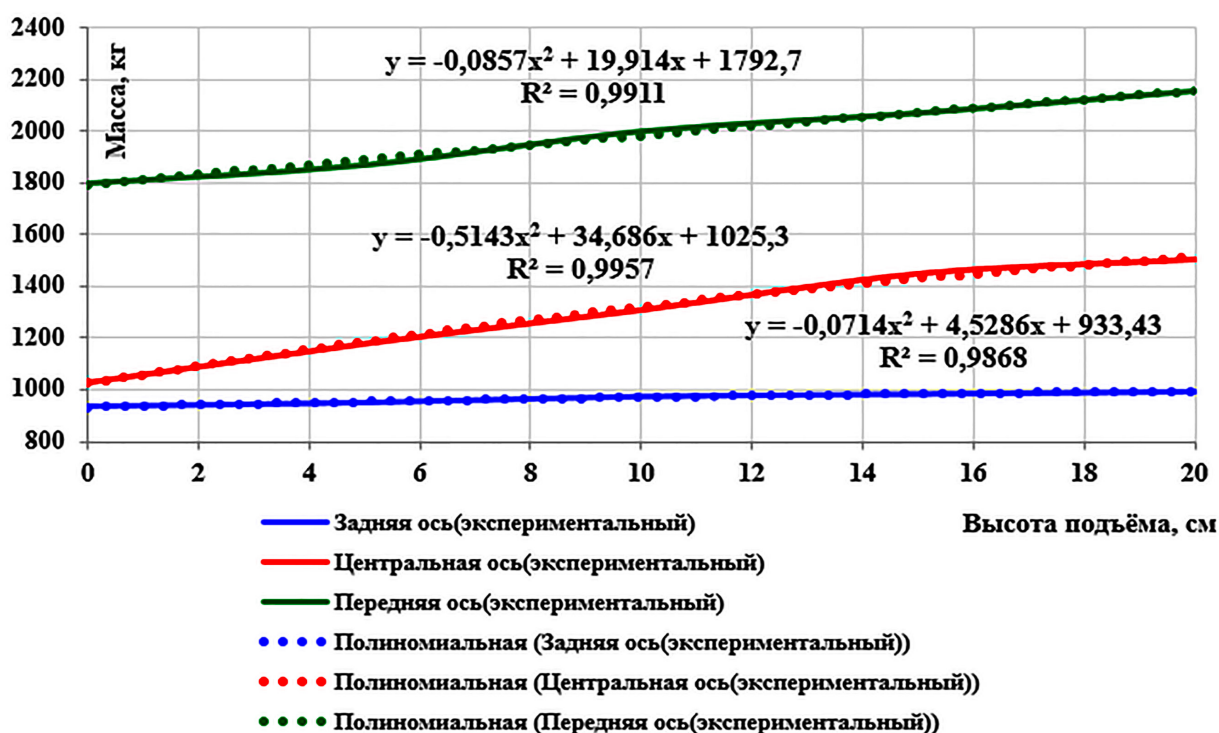


Рисунок 6 – Обобщённые экспериментальные показатели по осям автомобиля

**Список источников**

1. Алдошин Н. В., Пехутов А. С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012. № 4. С. 26–27.
2. Гуськов Ю. А. Совершенствование сборочно-транспортного процесса и технических средств на заготовке грубых кормов : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Новосибирск, 2007. 34 с.
3. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.
4. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров тракторных транспортно-технологических агрегатов : монография / Н. Ф. Скурятин, Е. В. Соловьёв, С. В. Соловьёв, А. В. Бондарев. М. : Колосс, 2020. 129 с.
5. Худовец В. И., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4 : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2013. 153 с.
6. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Межколёсный регулятор собственной нагрузки энергетического средства : пат. № 158328 Рос. Федерация ; заявл. 05.05.2014 ; опубл. 10.09.2014. Бюл. № 25. 10 с.
7. Щитов С. В., Поликутина Е. С., Кузнецова О. А. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. 148 с.
8. Increasing the shallowness of the wheeled tractors / S. V. Shchitov, P. V. Tikhonchuk, I. V. Bumber [et al.] // *Journal of Mechanical Engineering*. 2018. № 41 (2). P. 31–34.

**References**

1. Aldoshin N. V., Petuhov A. S. Povyshenie proizvoditel'nosti pri perezovke sel'skohozyajstvennyh gruzov [Productivity increase in the agricultural goods transport]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. – Mechanization and electrification of agriculture*, 2012; 4: 26–27 (in Russ.).
2. Gus'kov Yu. A. Sovershenstvovanie sborochno-transportnogo protsesssa i tekhnicheskikh sredstv na zagotovke grubyyh kormov [Improving the assembly and transport process and technical means for harvesting of roughage]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Novosibirsk, 2007, 34 p. (in Russ.).
3. Kuznetsov E. E. Shchitov S. V. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur: monografiya [Improving the efficiency of using mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).
4. Skuryatin N. F., Solov'yov E. V., Solov'yov S. V., Bondarev A. V. *Metody optimizatsii konstruktivnykh i ekspluatatsionnykh parametrov traktornykh transportno-tekhnologicheskikh agregatov: monografiya [Methods for optimizing the design and operational parameters of tractor transport and technological units: monograph]*, Moskva, Koloss, 2020, 129 p. (in Russ.).
5. Khudovets V. I., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. *Ispol'zovanie mnogoosnykh energeticheskikh sredstv klassa 1,4: monografiya [The use of multi-axis energy means of class 1.4: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2013, 153 p. (in Russ.).
6. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. *Mezhkolyosnyy regulyator sobstvennoy nagruzki energeticheskogo sredstva [Cross-wheel regulator of the own load of the power vehicle] Patent RF*,

no 158328 patenton.ru 2014 Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU158328C2> (Accessed 4 October 2021) (in Russ.).

7. Shchitov S. V., Polikutina E. S., Kuznetsova O. A. *Povyshenie prodol'no-poperechnoj ustojchivosti i snizhenie tekhnogenogo vozdejstviya na pochvu kolyosnyh mobil'nyh energeticheskikh sredstv: monografiya [Increasing of the longitudinal-transverse stability and reducing of the technogenic impact on the soil of wheeled mobile power means: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

8. Shchitov S. V., Tikhonchuk P. V., Bumbar I. V., Krivutsa Z. F., Samuilo V. V., Yakimenko A. V. [et al.]. Increasing the shallowness of the wheeled tractors. *Journal of Mechanical Engineering*, 2018; 41 (2): 31–34.

© Замятин А. В., Митрохина О. П., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Тихончук П. В., 2022  
Статья поступила в редакцию 14.12.2021; одобрена после рецензирования 19.01.2022; принята к публикации 25.02.2022.

The article was submitted 14.12.2021; approved after reviewing 19.01.2022; accepted for publication 25.02.2022.

### **Информация об авторах**

**Замятин Александр Валерьевич**, доцент, Дальневосточный юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, [Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru](mailto:Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru);

**Митрохина Олеся Павловна**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [m.o.p80@mail.ru](mailto:m.o.p80@mail.ru);

**Щитов Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Кузнецов Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Тихончук Павел Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, [rector@dalgau.ru](mailto:rector@dalgau.ru)

### **Information about authors**

**Aleksandr V. Zamyatin**, Associate Professor, Far Eastern Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, [Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru](mailto:Aleksandr.Zamyatin.72@mail.ru);

**Olesya P. Mitrokhina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [m.o.p80@mail.ru](mailto:m.o.p80@mail.ru);

**Sergey V. Shchitov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Evgeniy E. Kuznetsov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Pavel V. Tikhonchuk**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, [rector@dalgau.ru](mailto:rector@dalgau.ru)