

Научная статья

УДК 629.331

Способ корректирования тягово-сцепных свойств колёсного энергетического средства в повороте

Александр Сергеевич Вторников, Сергей Николаевич Марков,
Александр Александрович Шуравин, Семён Сергеевич Ус,
Евгений Евгеньевич Кузнецов, Сергей Васильевич Щитов
Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация. Работы ряда авторов, посвящённые вопросу движения колёсных энергетических средств в повороте, подтверждают, что тягово-сцепные свойства автомобиля изменяются в зависимости от состояния поверхности дороги и условий поворота. Особенно актуальна эта проблема в отношении дорог в сельской местности – и общего пользования, и ведущих к объектам агропромышленного комплекса, расположенным на сельских территориях. Вопросы влияния факторов, зависящих от изменения нагрузки, приходящейся на колёса энергетического средства, на характер поворота, остаются недостаточно изученными и требуют дополнительных исследований. При этом немаловажным является изучение процессов перераспределения нагрузки на движители в условиях перемещения сыпучих грузов при выполнении поворота. Так как в этом случае характер поворота также изменяется, преобразовываются параметры криволинейного движения, что необходимо учитывать в ходе эксплуатации и, в частности, при использовании энергетических средств на дорогах, имеющих слабую несущую способность, в условиях снежного покрова или гололёда. Рассмотрен случай движения энергетического средства по дорожной поверхности, верхний слой которой имеет слабую несущую способность, а нижний слой представляет собой твёрдое основание в виде мерзлоты. В результате движения колёса энергетического средства, проваливаясь до мерзлоты, образуют после себя колею значительной глубины. Предложено устройство, позволяющее перераспределить величину вертикальной нагрузки на колесо транспортного средства и стабилизировать характер её распределения в повороте. Это приведёт к тому, что глубина колеи у колеса с меньшей нагрузкой будет меньше, а следовательно, снизится и общая результирующая сила сопротивления повороту.

Ключевые слова: колёсный движитель, энергетическое средство, тягово-сцепные качества, изменяющаяся нагрузка, характер поворота.

Для цитирования: Способ корректирования тягово-сцепных свойств колёсного энергетического средства в повороте / А.С. Вторников, С.Н. Марков, А.А. Шуравин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 129–132.

Original article

A method for correcting the traction-coupling properties of a wheeled power unit in a turn

Alexander S. Vtornikov, Sergei N. Markov, Alexander A. Shuravin,
Semyon S. Us, Evgeny E. Kuznetsov, Sergei V. Shchitov
Far Eastern State Agrarian University

Abstract. The works of a number of authors devoted to the question of the movement of wheeled energy means in a turn confirm that the traction and adhesion properties of a car change depending on the state of the road surface and turning conditions. This problem is especially relevant in relation to roads in rural areas – both for public use and leading to the objects of the agro-industrial complex located in rural areas. Questions of the influence of factors depending on the change in the load on the wheels of the power plant on the nature of the turn remain insufficiently studied and require additional research. At the same time, it is important to study the

processes of redistribution of the load on the propellers in the conditions of moving bulk cargo when making a turn. Since in this case the nature of the turn also changes, the parameters of the curvilinear movement are transformed, which must be taken into account during operation, and, in particular, when using energy resources on roads with a weak bearing capacity, in conditions of snow cover or ice. The case of movement of an energy device on a road surface, the upper layer of which has a weak bearing capacity, and the lower layer is a solid base in the form of permafrost, is considered. As a result of the movement of the wheels of the energy device, falling down to the permafrost, they form a rut of considerable depth after themselves. A device is proposed that allows to redistribute the value of the vertical load on a vehicle wheel and stabilize the nature of its distribution in a turn. This will lead to the fact that the depth of the track at the wheel with a lower load will be less, and, therefore, the overall resultant resistance to turning will decrease.

Keywords: wheeled mover, power plant, traction-coupling qualities, changing load, turning behavior.

For citation: A method for correcting the traction-coupling properties of a wheeled power unit in a turn / A.S. Vtornikov, S.N. Markov, A.A. Shuravin et al. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. 88(2): 129–132. (In Russ).

Стабильность поворота колёсного транспортного средства во многом зависит от результирующей силы, которая складывается из нескольких составляющих. Среди них следует отметить силу сопротивления почвы от её сдвига в поперечном направлении колесу и силу трения, возникающую от трения поверхности колеса по поверхности дороги [1, 2].

Материал и методы. Остановимся более подробно на силах и действующих реакциях. Для этого рассмотрим силы, действующие на движители, находящиеся на одной оси колёсного моста. В этом случае общая результирующая сила равна:

$$F_{op} = F_{p1} + F_{p2}, \quad (1)$$

где F_{p1} и F_{p2} – соответственно результирующие силы, приходящиеся соответственно на каждое из колёс энергетического средства, Н.

Таким образом, результирующая сила, приходящаяся на отдельно взятое колесо от вышеобозначенных сил, может быть найдена по выражению:

$$F_{p1} = F_{cd} + F_{tr}, \quad (2)$$

где F_{cd} – сила, возникающая от сдвига почвы в горизонтальном направлении, Н;

F_{tr} – сила, возникающая от трения поверхности колеса по поверхности дороги, Н.

При движении энергетического средства в повороте происходит перераспределение нагрузки, приходящейся на его колёса. Это вызвано тем, что в повороте возникает дополнительная сила, которая, воздействуя на груз, приводит к его смещению, а следовательно, и к перераспределению нагрузки на колёсные движители [3, 4].

Рассмотрим частный случай движения энергетического средства по дорожной поверхности, верхний слой которой имеет слабую несущую способность (следствие перенасыщения влагой от выпавших осадков или таяния мерзлотного основания), а нижний слой представляет собой твёрдое основание в виде мерзлоты.

Отмечается, что принятые дорожные условия при эксплуатации транспортных средств являются характерными для Амурской области. В результате движения колёса энергетического средства, проваливаясь до мерзлоты, образуют

после себя колею значительной глубины [5, 6]. В данном случае силой, возникающей от трения между поверхностью колеса и основанием дороги (мерзлота в виде льда), можно пренебречь, так как она не будет в данном случае оказывать влияние на общую результирующую силу. Тогда уравнение (2) для нашего случая принимает вид:

$$F_{p1} = F_{cd}. \quad (3)$$

Перераспределение нагрузки на колёса энергетического средства, вызванное перемещением груза, приводит к изменению дорожных условий в повороте в связи с тем, что глубина колеи у колеса с меньшей нагрузкой будет меньше, а следовательно, снизится и общая результирующая сила сопротивления повороту.

Результаты исследования. Для устранения этого явления было разработано устройство, позволяющее стабилизировать характер распределения нагрузки транспортного средства в повороте, на которое получен патент РФ № 158328 на «Межколёсный регулятор собственной нагрузки энергетического средства» [7]. Конструктивная схема устройства предложена на рисунке 1.

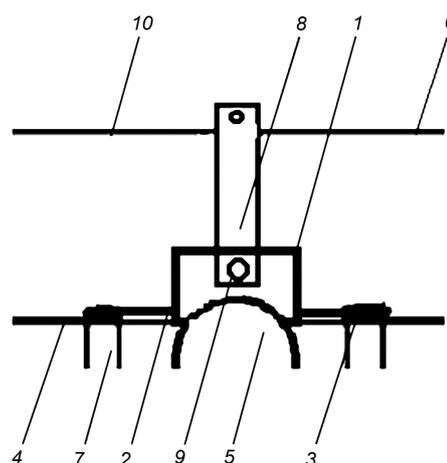


Рис. 1 – Межколёсный регулятор собственной нагрузки энергетического средства: 1 – несущая конструкция; 2 – фигурная П-образная тяга; 3 – горизонтальные окончания; 4 – верхняя часть чулка моста; 5 – мост; 6 – энергетическое средство; 7 – болтовые стремянки; 8 – опорный рычаг; 9 – шарнир; 10 – траверса рамы

Рассмотрим подробно распределение нагрузки без действия устройства (рис. 2) и с установленным устройством (рис. 3). Для этого проанализируем все силы, действующие на мост и раму энергетического средства.

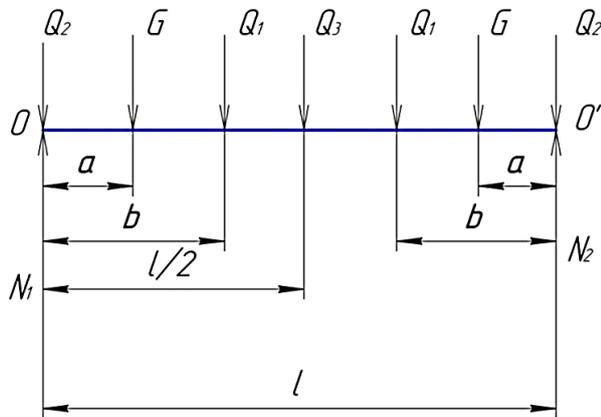


Рис. 2 – Схема сил, действующих на мост без учёта действия регулятора нагрузки: G – действующая сила тяжести перевозимого груза, Н; N_1 и N_2 – силовая реакция дороги, Н; Q_1, Q_2, Q_3 – вес основных частей (механизмов) моста, кг; l – общая длина моста, м; a и b – расстояния от движителя до точек приложения нагрузки, м

Для простоты анализа определим значение нагрузки, приходящейся на одно колесо. В результате проведённых теоретических исследований было получено конечное значение нагрузки, приходящейся на одно колесо:

$$N_1 = G + Q_1 + Q_2 + 0,5Q_3. \quad (4)$$

Рассмотрим все силы, действующие на мост при работающем устройстве (рис. 3).

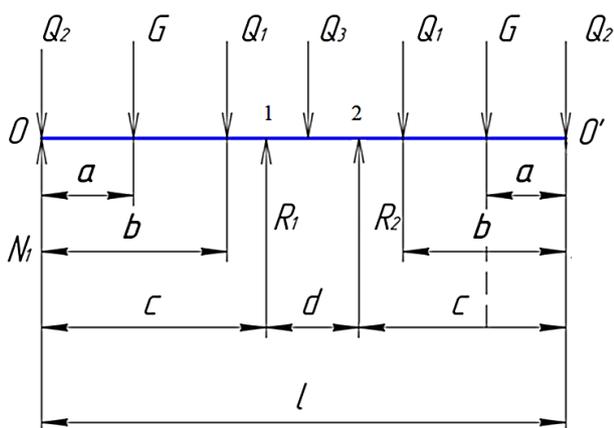


Рис. 3 – Схема сил, действующих на мост с учётом действия регулятора нагрузки: R_1 и R_2 – силовые реакции, возникающие от действия межколёсного регулятора на мост, Н; d – расстояние между точками крепления регулятора нагрузки, м; c – расстояние от точки крепления регулятора нагрузки до колёсного движителя, м

В результате проведённых теоретических исследований была получена аналогичная зависимость, учитывающая работу предлагаемого устройства:

$$N_1 = (2 - l/2)(Q_1 + Q_2 + G + 0,5Q_3). \quad (5)$$

Анализ формул (4) и (5) показал, что использование предлагаемого устройства позволяет перераспределить величину вертикальной нагрузки на колесо. Более наглядно перераспределяющее действие устройства в зависимости от отклонения колеса от вертикального положения показано в виде 3D-модели на рисунке 4.

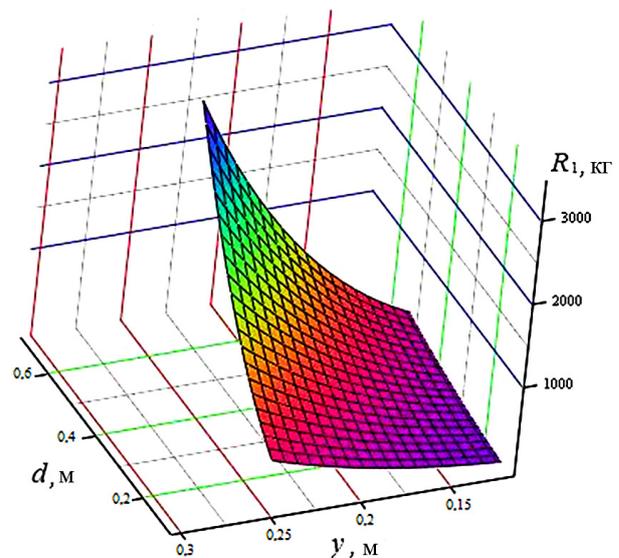


Рис. 4 – Зависимость реакции перераспределения усилия, возникающей от работы регулятора от конструктивно-технологических параметров устройства

Вывод. В результате исследований установлено, что установка предлагаемой конструкции позволяет перераспределять силовые параметры вертикальной нагрузки за счёт изменения конструктивно-технологических параметров самого устройства, что способствует его использованию в различных энергетических средствах.

Литература

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: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Новосибирск, 2007. 211 с.
3. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров тракторных транспортно-технологических агрегатов: монография / Н.Ф. Скурятин, Е.В. Соловьёв, С.В. Соловьёв [и др.]. М. – Белгород: ООО «Издательско-книготорговый центр Колосс», 2020. 129 с.
4. Increasing The Shallowness Of The Wheeled Tractors / Shchitov S.V., Tikhonchuk P.V., Bumbar I.V., Krivuca Z.F., Samuilov V.V., Yakimenko A.V., Mitrokhina O.P. // Journal

of Mechanical Engineering. 1752. 41 (2) (2018). p. 31–34. Website: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOL-UME%20%2C%20ISSUE%20/31-34.pdf>

5. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография. Благовещенск, 2017. 272 с.

6. Поликутина Е. С., Кузнецова О.А. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение тех-

ногенного воздействия на почву колёсных мобильных энергетических средств: монография. Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020. 148 с.

7. Пат. на полезную модель № 158328, Российская Федерация. **Межколёсный регулятор собственной нагрузки энергетического средства / Щитов С.В., Кузнецов Е.Е.** Заявит. и патентообл. Дальневосточный гос. агр. университет; заявл. 05.05.2014, зарегистр. 05.05.2014, опубл. 10.09.2014; Бюл. № 25. 10 с.

Александр Сергеевич Вторников, аспирант. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, avtornikov@mail.ru

Сергей Николаевич Марков, аспирант. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, toyota103@mail.ru

Александр Александрович Шуравин, аспирант. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, info@dalgau.ru

Семён Сергеевич Ус, магистрант. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, 30robostudio30@gmail.com

Евгений Евгеньевич Кузнецов, доктор технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, ji.tor@mail.ru

Сергей Васильевич Щитов, доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, shitov.sv1955@mail.ru

Alexander S. Vtornikov, postgraduate. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, avtornikov@mail.ru

Sergey N. Markov, postgraduate. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, toyota103@mail.ru

Semyon S. Us, research worker. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, 30robostudio30@gmail.com

Alexander A. Shuravin, postgraduate. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, info@dalgau.ru

Evgeniy E. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, ji.tor@mail.ru,

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Far Eastern State Agrarian University, 86, Polytechnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Russia, shitov.sv1955@mail.ru