

Информация об авторах

Дмитриев Кирилл Сергеевич, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: kir0597@yandex.ru

Author's Information

Dmitriev Kirill Sergeevich, Junior researcher at the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), e-mail: kir0597@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-59

FIELD STUDIES OF THE SUPPORTING PERFORMANCE OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE ON DRY BULK SAND

A. S. Myasnikov¹, S. D. Fomin²

¹Volgograd Gazprom College named after. I. A. Matlashov

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 10.09.2023

Submitted 30.11.2023

Abstract

Introduction. Self-propelled machinery plays an important role in agriculture, in particular crop production. Each stage of the technological cycle for cultivating agricultural crops is associated with the operation of general-purpose (tractor, transport vehicles) and special-purpose equipment, which in field conditions move across agricultural lands and dirt roads of various conditions. The ability of equipment to operate in field conditions is determined by the bearing capacity of the supporting surface and the terrain, and their greatest impact affects the operation of transport equipment, the main mission of which is the timely and high-quality transportation of agricultural goods. One of the important conditions for the movement of transport equipment during field work is the condition of dirt roads and their bearing capacity. One of the most difficult bases for the supporting surface for the movement of automobile cargo vehicles is dry bulk sand, when moving along which, significant slipping of the loaded vehicle occurs or it gets completely stuck and further movement without external force becomes impossible. In turn, the use of additional units of equipment to pull out a stuck vehicle entails temporary losses, which reduces the quality of the transported cargo, as well as disrupts logistics chains and generally reduces the efficiency of the enterprise.

One of the possible directions for solving this problem is the development and use of motor vehicles with a combined mode of movement – rolling and walking, which allows, when driving on dirt roads with sufficient load-bearing capacity, to move by rolling, and in areas where it is not enough to switch to an alternative mode – walking functionally providing self-pulling. For the study, an experimental vehicle was designed and technically implemented with the ability to choose a method of movement – rolling or stepping. **Object.** The object of the study is the support patency of an experimental vehicle on dry bulk sand. **Materials and methods.** The reference cross-country ability of an experimental vehicle on dry bulk sand was determined in the field by studying parameters – the amount of current consumed by the engines, the distance traveled, the depth of the rut, the degree of soil compaction. The parameters of the supporting cross-country ability on dry bulk sand were determined and a comparative analysis was made without using the originality of the technical solutions included in the design of the experimental vehicle, and with their use. **Results and conclusions.** An analysis of the results of field tests of an experimental vehicle on a base of dry bulk sand showed that: the maximum load during rolling movement is less than 350 N, after which complete slipping occurs and the vehicle gets stuck, in contrast to walking movement, which provides translational movement and is performed up to a load of 500 N, the limitation of which is determined only by the strength indicators of structural assemblies; the peak current consumption of the propulsion motors at a load of 350 N is 0.132 A, while when moving by walking and a load of 500 N it is 0.130 A; the maximum rut depth when mov-

ing by rolling and a load of 350 N is 2.2 times higher than when moving by walking, and when moving by a load of 500 N it is 0.7 cm less when moving by walking compared to a rolling movement and a load of 350 N; with increasing load, the degree of soil compaction increases and at a load of 350 N it is 1.029 when moving by rolling, and when moving by walking – 1.003. In turn, with a load of 500 N and movement by walking, the degree of soil is 1.015, which is 1.14% less than with a load of 350 N and the method of rolling movement.

Key words: *experimental vehicles, rolling motion, walking motion, support flotation, dry bulk sand.*

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Field studies of the supporting performance of an experimental vehicle on dry bulk sand. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 583-595 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-59.

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК631.37

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА СУХОМ СЫПУЧЕМ ПЕСКЕ

А. С. Мясников¹, преподаватель

С. Д. Фомин², доктор технических наук, профессор

¹ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова»

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Самоходная техника играет важную роль в сфере сельского хозяйства, в частности в растениеводстве. Каждый этап технологического цикла возделывания сельскохозяйственных культур связан с работой техники общего (трактор, транспортные машины) и специального назначения, которые в полевых условиях передвигаются по землям сельскохозяйственного назначения и грунтовым дорогам различного состояния. На возможность работы техники в полевых условиях определяющее влияние оказывают несущая способность опорной поверхности и рельеф местности, причем их наибольшее воздействие сказывается на работе транспортной техники, главная миссия которой заключается в своевременной и качественной перевозке сельскохозяйственных грузов. Одним из важных условий для передвижения транспортной техники при проведении полевых работ является состояние грунтовых дорог и их несущая способность. Одним из наиболее сложных оснований опорной поверхности для передвижения автомобильной грузовой техники является сухой сыпучий песок, при передвижении по которому возникает значительное буксование груженого автомобиля или он вовсе застревает, и дальнейшее передвижение без постороннего внешнего силового воздействия становится невозможным. В свою очередь, задействование дополнительных единиц техники для вытаскивания застрявшего транспортного средства влечет за собой временные потери, что снижает качество перевозимого груза, а также нарушает логистические цепочки и в целом снижает эффективность работы предприятия.

Одним из возможных направлений решения поставленной проблемы является разработка и применение автомобильных транспортных средств с комбинированным способом передвижения – качением и шаганием, позволяющими при движении по грунтовым дорогам с достаточной несущей способностью двигаться способом качения, а на участках, где ее недостаточно, переходить на альтернативный режим движения шаганием, функционально обеспечивающим самовытаскивание. Для исследования сконструировано и технически реализовано экспериментальное транспортное средство с возможностью выбора способа передвижения – качением или шаганием.

Объект. Объектом исследования является опорная проходимость экспериментального транс-

портного средства на сухом сыпучем песке. **Материалы и методы.** Опорная проходимость на сухом сыпучем песке экспериментального транспортного средства определена в полевых условиях при исследовании параметров – величина потребляемого двигателями тока, пройденный путь, глубина колеи, степень уплотнения грунта. Параметры опорной проходимости на сухом сыпучем песке определены, и сделан сравнительный анализ без использования оригинальности технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, и с их использованием. **Результаты и выводы.** Анализ результатов полевых испытаний экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок показал, что максимальная нагрузка при передвижении качением составляет менее 350 Н, после чего наступает полное буксование и транспортное средство застревает, в отличие от движения шаганием, которое обеспечивает поступательное перемещение и выполняется до нагрузки 500 Н, ограничение которой обусловлено только показателями прочности конструктивных сборочных узлов; пиковое потребление тока электродвигателями движителей при нагрузке 350 Н составляет 0,132 А, тогда как при движении шаганием и нагрузке 500 Н – 0,130 А; максимальная глубина колеи при передвижении качением и нагрузке 350 Н в 2,2 раза выше, чем при движении шаганием, а при нагрузке 500 Н меньше на 0,7 см при передвижении шаганием по сравнению с движением качения и нагрузке 350 Н; при увеличении нагрузки степень уплотнения грунта возрастает и при нагрузке 350 Н составляет 1,029 при движении качением, а шаганием – 1,003. В свою очередь, при нагрузке 500 Н и передвижении шаганием степень грунта составляет 1,015, что в 1,14% меньше, чем нагрузке 350 Н и способе движения качением.

Ключевые слова: экспериментальные транспортные средства, движение качения, движение шагания, опорная проходимость, сухой сыпучий песок.

Цитирование. Мясников А. С., Фомин С. Д. Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на сухом сыпучем песке. *Известия НВ АУК*. 2023. 4(72). 583-595. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-59.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Разработка и использование в сельском хозяйстве специализированной автомобильной грузовой техники, ориентированной для выполнения транспортных работ, в условиях пересеченного рельефа местности, низкой несущей способности опорной поверхности, а зачастую и полного бездорожья является актуальной задачей для автомобильной машиностроительной отрасли страны [9]. Работа в тяжелых полевых условиях предъявляет высокие технические требования к грузовой автомобильной технике включая показатели опорной проходимости. Передвижение автомобильной грузовой техники в полевых условиях зависит от ряда факторов, одним из которых является тип грунта основания опорной поверхности, среди которых одним из наиболее сложных является сухой сыпучий песок [4].

Трудности передвижения автомобильного грузового транспорта по основанию сухой сыпучий песок связаны с его низкой несущей способностью, что приводит к повышенному буксованию и зачастую к застреванию техники, которой выбраться без внешнего силового воздействия затруднительно или вовсе невозможно. Одним из направлений решения поставленной проблемы является расширение функциональных возможностей транспортных средств путем технической реализации к уже имеющемуся способу передвижения качением, дополнительно – движение шаганием, использование которого предусматривается в случаях, когда несущей способности и сцепных свойств опорной поверхности недостаточно, чтобы передвигаться способом качения [1-3, 6-8, 14, 15].

Для исследования автомобильных грузовых средств с комбинированным способом передвижения сконструировано экспериментальное транспортное средство, работа которого осуществляется следующим образом [10, 11]:

- центр тяжести посредством механизма продольного перемещения кузова и кабины 8 кузов 13 и кабина 12 смещаются между движителями 4 подвижных частей 2, 3, занимая среднее положение и разгружая движители части 1 от собственно массы транспортного средства и перевозимого им груза;

- за счет механизмов перемещения каждого из движителей в вертикальной плоскости 7 движители 4 подвижной части 1 отрываются от опорной поверхности, далее за счет работы механизма ее продольного перемещения 6 смещаются вперед на расстояние, ограниченное технически возможной величиной механизма 6;

- затем механизмы перемещения каждого из движителей 4 в вертикальной плоскости 7 опускают на опорную поверхность движители 4 подвижной части 1;

- передвижение движителей подвижных частей 2 и 3 выполняется аналогично, причем центр тяжести транспортного средства всегда должен располагаться между движителями, подвижные части которых находятся в покое относительно рамы 5;

- перемещение оставшихся частей транспортного средства – рамы 5, кузова 13 и кабины 12 выполняется за счет одновременной работы механизмов продольного перемещения 6 частей 1 – 3 и механизма продольного перемещения кузова и кабины 8;

- далее цикл повторяется.

При передвижении по опорной поверхности способ и скорость передвижения может изменяться и выбирается при ручном управлении оператором-водителем, при роботизированном – сигналами от датчиков в зависимости от характера и качества поверхности движения.

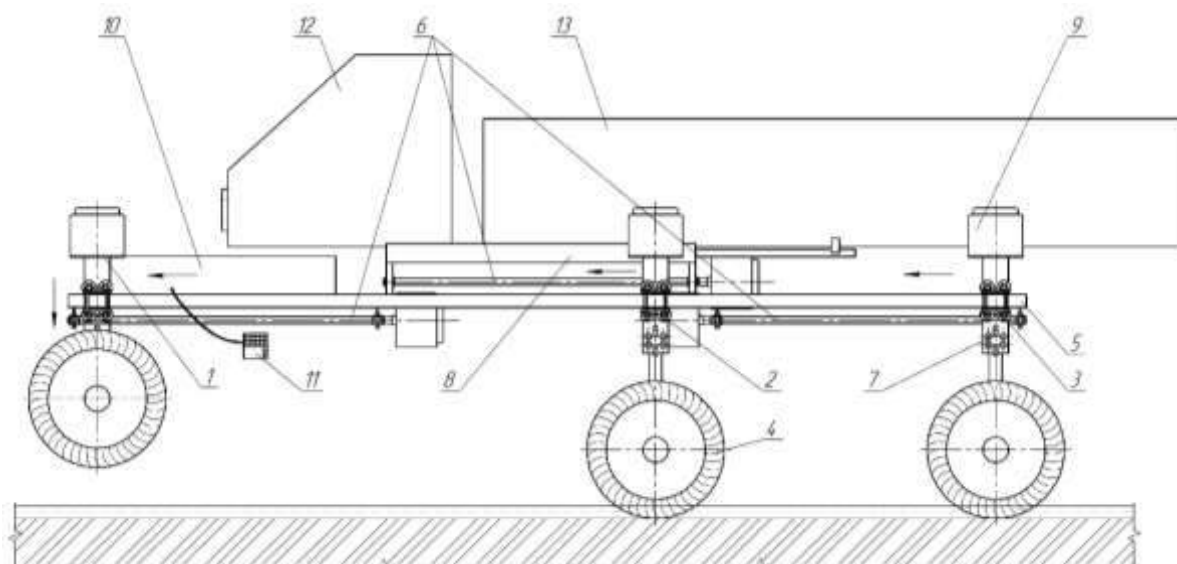


Рисунок 1 – Схема дискретного передвижения транспортного средства с отрывом движителей от опорной поверхности

Figure 1 – Scheme of discrete movement of a vehicle with separation of the propellers from the supporting surface

Материалы и методы. Для исследования передвижения экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок был подготовлен зачетный участок длиной 3 м, шириной 2 м, глубиной 0,12 м с относительной влажностью по-

верхностного слоя до 4% (ГОСТ РВ 52048-2003. Автомобили многоцелевого назначения. Параметры проходимости и методы их определения. – М.: Госстандарт России, 2003) [12].



Рисунок 2 – Общий вид проведения полевых испытаний экспериментального транспортного средства при передвижении по основанию сухой сыпучий песок

Figure 2 – General view of field testing of an experimental vehicle when moving on a base of dry bulk sand

Изначальная загрузка экспериментального транспортного средства составляет 250 Н, максимальная не превышает 500 Н, что обусловлено заложенными прочностными характеристиками в конструкции его сборочных узлов.

В качестве параметров для исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на основании сухой сыпучий песок измерялись следующие показатели: потребляемый ток электродвигателями, установленными на движителях (D_1 - D_6) и механизмах продольного перемещения вдоль рамы подвижных частей (D_{13} - D_{15}); масса груза, укладываемого в кузов экспериментального транспортного средства; пройденный путь; глубина колеи; степень уплотнения грунта до и после прохода экспериментального транспортного средства [12].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований передвижения экспериментального транспортного средства способом качения представлены на рисунках 3, 5, 7 [5].

При исследовании передвижения способом качения было определено, что при увеличении нагрузки величина потребления тока электродвигателями движителей увеличивается и изменяется в диапазоне от 0,13 А при 250 Н до 0,132 при 350 Н (рисунок 3, 4). При нагрузке 250 Н и 300 Н идет равномерное потребление тока двигателями движителей D_1 - D_6 , а при нагрузке 350 Н движители, установленные по разные стороны бортов D_1 , D_3 , D_5 и D_2 , D_4 , D_6 , потребляют на 0,001 А разное количество тока, что объясняется незначительной неравномерностью распределения нагрузки в кузове и сцеплением движителей с опорной поверхностью.

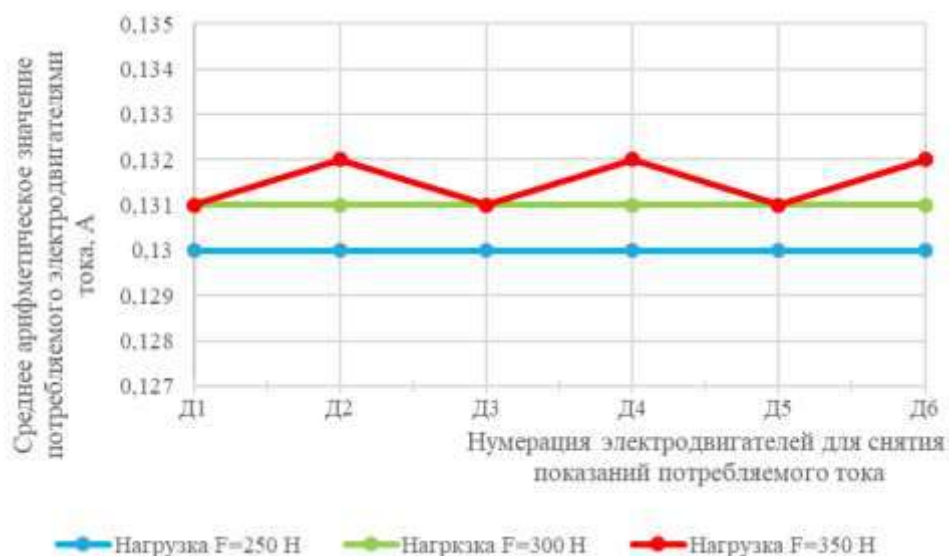


Рисунок 3 – Исследование потребления электродвигателями Д₁-Д₆ тока в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию сухой сыпучий песок

Figure 3 – Study of current consumption by electric motors D1-D6 depending on the load of the experimental vehicle when moving by rolling on a base of dry bulk sand



Рисунок 4 – Фрагмент передвижения способом качения экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок

Figure 4 – Fragment of movement by rolling an experimental vehicle on a base of dry bulk sand

При передвижении по основанию сухой сыпучий песок методом качения глубина колеи и степень уплотнения грунта изменяются при нагрузке от 250 Н до 350 Н соответственно от 1,6 см, 1,009 и до 2,2 см, 1,029 (рисунок 5, 6). Характер изменения зависимости носит прямолинейный характер [13].

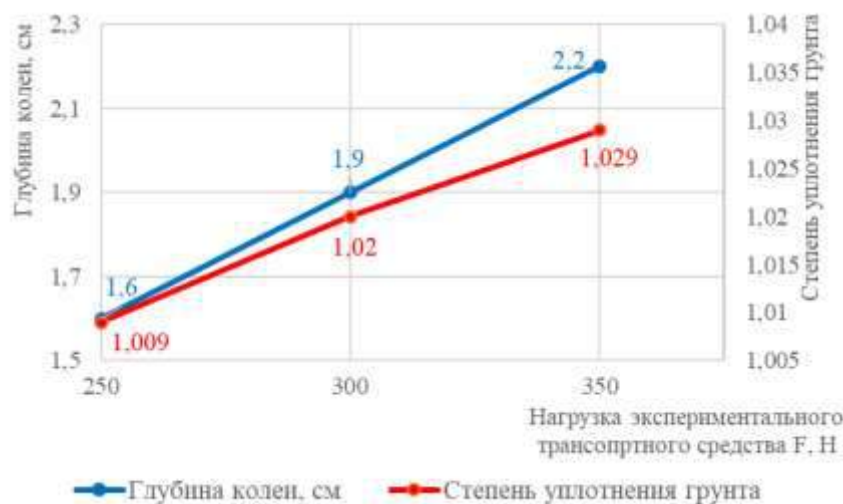


Рисунок 5 – Исследование изменения глубины колеи и степени уплотнения грунта в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию сухой сыпучий песок
Figure 5 – Study of changes in rut depth and degree of soil compaction depending on the load of an experimental vehicle when moving by rolling on a base of dry bulk sand



Рисунок 6 – Фрагмент определения глубины колеи при передвижении способом качения экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок
Figure 6 – Fragment of determining the rut depth when moving by rolling an experimental vehicle on a base of dry bulk sand

В ходе полевых исследований в контрольные моменты снятия показаний определено, что при увеличении нагрузки передвижение экспериментального транспортного средства методом качения по сухому сыпучему песку становится затруднительным вследствие повышения степени буксования и при нагрузке 350 Н движители переходят в стадию полного буксования, при котором самостоятельное поступательное движение выбранным способом передвижения становится невозможным (рисунок 7). В случаях если нагрузки меньше 350 Н экспериментальное транспортное средство поступательно движется вперед с различной степенью буксования и преодолевает сложные участки.

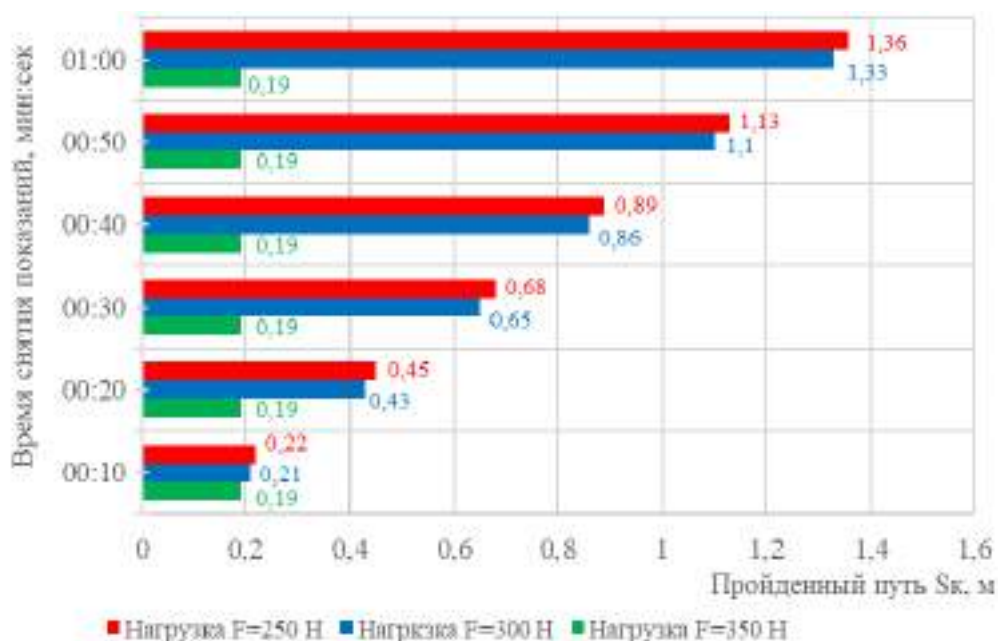


Рисунок 7 – Исследование изменения пройденного пути в контрольные моменты времени в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию сухой сыпучий песок

Figure 7 – Study of changes in the distance traveled at control points in time depending on the load of the experimental vehicle when moving by rolling on a base of dry bulk sand

Проведенные полевые исследования показали, что при передвижении экспериментального транспортного средства методом качения по основанию сухой сыпучий песок максимальная нагрузка возможная до возникновения застревания составляет относительно максимально заложенной с точки зрения прочностных показателей 70%, при которой степень потребления тока двигателями движителей составляет 0,132 А, а глубина колеи и степень уплотнения грунта соответственно 2,2 см и 1,029. Использование транспортных средств, передвигающихся по опорной поверхности с включением участков с сухим сыпучим песком, снижает допускаемую степень его нагрузки, и, как следствие, эффективность работы транспортной техники в целом в сельскохозяйственной отрасли. Наличие технической возможности перехода на другой способ передвижения экспериментального транспортного средства с целью обеспечения самовытаскивания является его неоспоримым преимуществом относительно техники передвигающейся только традиционным способом – качением.

Результаты полевых испытаний показали, что передвижение способом шагания по основанию сухой сыпучий песок позволяет экспериментальному транспортному средству двигаться с нагрузкой 500 Н, ограничение по которой обусловлены только прочностными показателями его конструктивных узлов. Движение при этом происходит циклично на размер «шага» равный 0,4 м и ограниченный конструктивным исполнением механизмов продольного перемещения подвижных частей вдоль рамы транспортного средства.

Поступательное передвижение экспериментального транспортного средства осуществляется за счет работы электродвигателей подвижных частей 1-3, потребление тока которых увеличивается при изменении нагрузки и колеблется в интервале от 0,127 А до 0,13 А при нагрузках соответственно 350 Н и 500 Н. Потребление тока между электродвигателями при постоянной нагрузке распределено равномерно (рисунок 8).

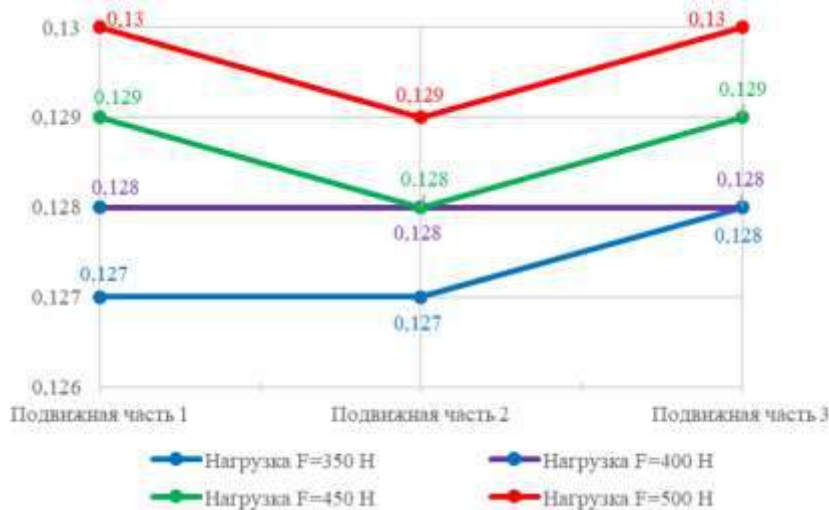


Рисунок 8 – Исследование потребления электродвигателями подвижных частей 1-3 тока в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания по основанию сухой сыпучий песок

Figure 8 – Study of the consumption of 1-3 current by electric motors of moving parts depending on the load of the experimental vehicle when moving by walking on a base of dry bulk sand

Анализ результатов полевых испытаний показал, что глубина колеи при увеличении нагрузки возрастает от 1 см при 350 Н до 1,5 см при 500 Н, при этом характер изменения носит прямолинейный характер (рисунок 9).

Степень уплотнения грунта линейно увеличивается от 1,003 до 1,015 при возрастании нагрузки от 350 Н до 450 Н. При нагрузке 500 Н степень уплотнения песка эквивалентна показателю при нагрузке 450 Н, что объясняется наступлением степени максимального уплотнения сухого сыпучего песка вследствие низких показателей его пористости (рисунок 9, 10) [13].

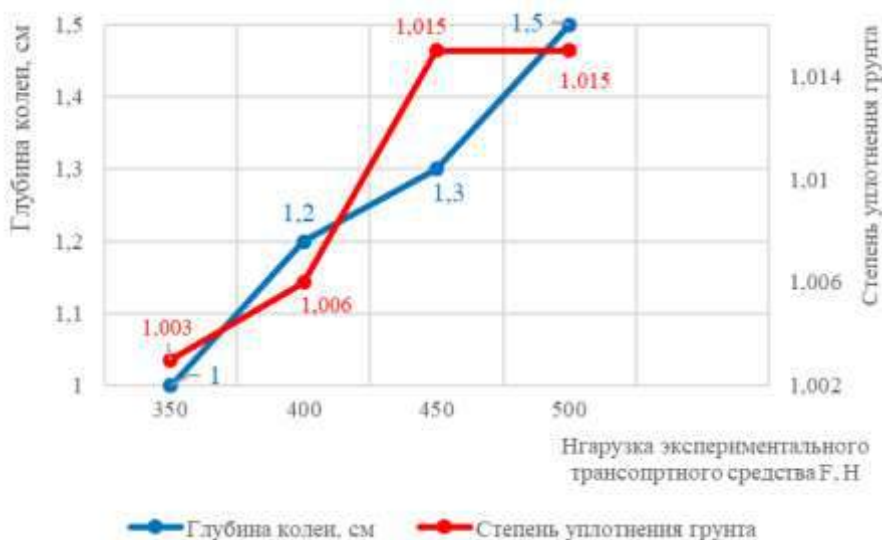


Рисунок 9 – Исследование изменения глубины колеи и степени уплотнения грунта в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания по основанию сухой сыпучий песок

Figure 9 – Study of changes in rut depth and degree of soil compaction depending on the load of an experimental vehicle when moving by walking on a base of dry bulk sand



Рисунок 10 – Фрагмент определения степени уплотнения грунта при передвижении способом шагания экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок
Figure 10 – Fragment of determining the degree of soil compaction when moving by walking an experimental vehicle on a base of dry bulk sand

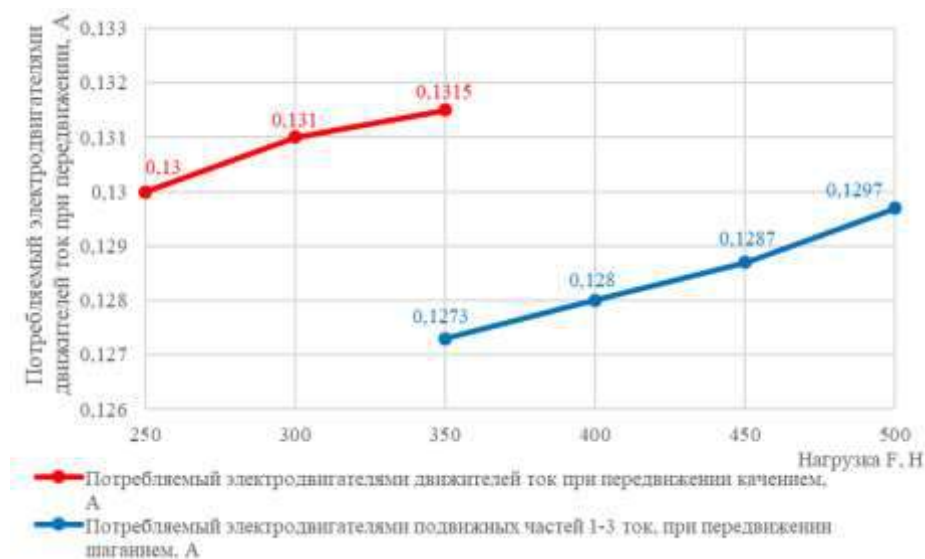


Рисунок 11 – Сравнительный анализ потребления электродвигателями экспериментального транспортного средства тока при передвижении способами качения и шагания по основанию сухой сыпучий песок
Figure 11 – Comparative analysis of consumption by electric motors experimental current vehicle when moving by rolling and walking on a base of dry bulk sand

Анализ результатов полевых испытаний экспериментального транспортного средства по основанию сухой сыпучий песок показал, что:

- максимальная нагрузка при передвижении качением составляет менее 350 Н, после чего наступает полное буксование и транспортное средство застревает, в отличие от движения шаганием, которое обеспечивает поступательное перемещение и выполняется до нагрузки 500 Н, ограничение которой обусловлено только показателями прочности конструктивных сборочных узлов;

- пиковое потребление тока электродвигателями движителей в момент застревания транспортного средства при передвижении качением (нагрузка 350 Н) составляет 0,132 А, тогда как при движении шаганием (нагрузка 500 Н) – 0,130 А (рисунок 11);

- максимальная глубина колеи при передвижении качением и нагрузке 350 Н в 2,2 раза выше, чем при движении шаганием, а при нагрузке 500 Н меньше на 0,7 см при передвижении шаганием по сравнению с движением качения и нагрузке 350 Н;

- при увеличении нагрузки степень уплотнения грунта возрастает и при нагрузке 350 Н составляет 1,029 при движении качением, а шаганием – 1,003. В свою очередь, при нагрузке 500 Н и передвижении шаганием степень грунта составляет 1,015, что в 1,14% меньше, чем нагрузке 350 Н и способе движения качением.

Закключение. Результаты испытаний показали, что комбинированный способ передвижения, заложенный в конструкцию, и возможность его выбора позволяют использовать экспериментальное транспортное средство при транспортировке грузов к местам проведения полевых работ и обратно на грунтовых дорогах с основанием опорной поверхности из любых типов грунтов, включая сухой сыпучий песок, что, в свою очередь, повышает мобильность и эффективность транспортной техники в отрасли.

Conclusions. The results of the tests showed that the combined method of movement embedded in the structure and the possibility of its choice allow the use of an experimental vehicle when transporting goods to and from field sites on dirt roads with the base of a supporting surface of any type of soil, including dry bulk sand, which in turn increases the mobility and efficiency of transport equipment in the industry.

Библиографический список

1. Барахтанов Л. В., Беляков В. В., Галкин Д. А., Зайцев А. С., Зезюлин Д. В., Макаров В. С. Экспериментально-теоретические исследования опорной проходимости многоосных колесных машин. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. А. Алексеева. 2012. № 3 (96).
2. Беляев А. М., Васильев А. А., Жарков Е. В., Макаров В. С., Беляков В. В. Исследование движения шасси мобильного робототехнического комплекса с гусенично-модульным движителем по песчаному опорному основанию. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. А. Алексеева. 2020. № 2 (129).
3. Бруданов А. М. Обзор существующих конструкций для повышения проходимости автомобиля категории М1. Молодой ученый. 2016. № 12. С. 216-220.
4. Верещагин Н. И., Кокорев Г. Д., Колупаев С. В., Шафоростов В. А., Колотов А. С., Уткин А. А., Гусаров С. Н. Современная техника для АПК и перспективы ее модернизации. Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06).
5. Макаричев Ю. А., Иванников Ю. Н. Методы планирования эксперимента и обработки данных. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 131 с.
6. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения. Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: мат. нац. науч.-практич. конф. Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
7. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия НВ АУК. 2022. 4 (68).
8. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 575-587.
9. Пехутов А. С. Технологический процесс перевозок грузов в сельском хозяйстве и его показатели. Вестник КрасГАУ. 2008. Вып. 3. С. 258–264.
10. Мясников А. С., Фомин С. Д., Ярунов А. А. Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 635-652.

11. Фомин С. Д., Мясников А. С. Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 469-482.

12. Прядкин В. И. Оценка опорно-цепной проходимости средств химизации по почвам с низкой несущей способностью. Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 5. С. 15-18.

13. Пьянков С. А., Азизов З. К. Механика грунтов: методические указания к лабораторным работам. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 31 с.

14. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709 (4).

15. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (2).

References

1. Barakhtanov L. V., Belyakov V. V., Galkin D. A., Zaitsev A. S., Zezyulin D. V., Makarov V. S. Experimental and theoretical studies of the reference cross-country ability of multi-axle wheeled vehicles. Proceedings of Nizhny Novgorod State Technical University named after R. A. Alekseev. 2012. № 3 (96).

2. Belyaev A. M., Vasiliev A. A., Zharkov E. V., Makarov V. S., Belyakov V. V. Study of the movement of the chassis of a mobile robotic complex with a tracked-modular propulsor along a sandy support base. Proceedings of Nizhny Novgorod State Technical University named after R. A. Alekseev. 2020. № 2 (129).

3. Brudanov A. M. Overview of existing structures to increase the cross-country ability of a M1 category car. Young scientist. 2016. № 12. Pp. 216-220.

4. Vereshchagin N. I., Kokorev G. D., Kolupaev S. V., Shaforostov V. A., Kolotov A. S., Utkin A. A., Gusarov S. N. Modern technology for the agro-industrial complex and prospects for its modernization. Scientific journal KubGAU. 2016. № 120 (06).

5. Makarichev Yu. A., Ivannikov Yu. N. Methods of experiment planning and data processing. Samara: Samar. State technical university, 2016. 131 p.

6. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the cross-country ability of machine-tractor units based on optimization of methods of movement. Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of the agro-industrial complex and rural areas in modern socio-economic conditions: mat. nat. scientific-practical. conf. Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.

7. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile cross-country ability of vehicles for the transportation of goods in agriculture. Izvestia NV AUK. 2022. 4 (68).

8. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stressed-deformed state of structural parts and assembly units of an experimental vehicle with a combined method of movement for the agro-industrial complex. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 575-587.

9. Pekhutov A. S. Technological process of cargo transportation in agriculture and its indicators. Vestnik KrasGAU. 2008. No. 3. Pp. 258-264.

10. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Yarusov A. A. Field studies of the profile cross-country ability of an experimental vehicle for the transportation of goods in agriculture. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 635-652.

11. Fomin S. D., Myasnikov A. S. Field studies of the reference patency of an experimental vehicle on wet plowed soil. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 469-482.

12. Pryadkin V. I. Assessment of the supporting and coupling cross-country ability of chemical means for soils with low bearing capacity. Tractors and agricultural machinery. 2013. № 5. Pp. 15-18.

13. Pyankov S. A., Azizov Z. K. Soil mechanics: methodological instructions for laboratory work. Ulyanovsk: UISTU, 2003. 31 p.

14. Belyaev A. M., Belyakov V. V., Makarov V. S. Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709 (4).

15. Belyaev A. M., Makarov V. S. Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (2).

Информация об авторах

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (Российская Федерация, 400011, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's Information

Myasnikov Aleksey Sergeevich, lecturer at Volgograd Gazprom College named after I. A. Matlashov (Russian Federation, 400011, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-60

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF A CABBAGE HARVESTING MACHINE WITH AN INERTIAL ROTARY CUTTING MACHINE

A. V. Tseplyaev

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ceplyaev_aleksey@mail.ru

Received 15.09.2023

Submitted 07.11.2023

Abstract

Introduction. White cabbage is of great importance in the national economy. It is used as one of the important products in human nutrition, as a feed component in animal husbandry, and is also of interest to medicine. As a product included in the human diet, it is used both fresh and in various versions after processing. Cabbage, a one-of-a-kind culture that ferments well, is stored for a long time and can serve as the main ingredient for preparing various salads. When cultivating white cabbage, the main part of the costs from the entire technological process (up to 30%) falls on cleaning. In farms, on small areas (20-25 hectares), cabbage harvesting is carried out manually. It usually consists of several operations: cutting cabbage forks and loading into a vehicle for shipment to a sorting point; cutting cabbage forks and loading into a vehicle and transporting to the edge of the harvested field. Further, for both technologies, the leaf part of the fork is manually cut off and packed into grids or containers. For larger farms where the area is much higher, various combines are used. According to their device, their picking part is equipped with lifters or rotating cones for pulling out cabbage and knives for pruning a poker with a rhizome. We offer an inertial rotary type cutting machine for pruning heads with a vertically rotating knife. To find its kinematic parameters, a multifactorial experiment was developed and implemented experimentally. According to its results, optimal values of the main factors are recommended. **Object.** The technological process of harvesting cabbage with the use of a combine harvester with an inertial rotary cutting machine equipped with a vertical rotary knife was considered as an object of research. **Materials and methods.** To conduct the research, the extremely rich plan of the Rechtshafner was used in the form of a 3-factor experiment. It was implemented using a program on a PC. The significance of the regression coefficients obtained as a result of the solution was evaluated according to the Student's criterion. **Results and conclusions.** To find the parameters of the inertial rotary cutting machine for harvesting white cabbage, an extremely rich plan of the Rechtshafner was