

Научная статья
УДК 631.171

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ПРИ АГРЕГАТИРОВАНИИ ПРИЦЕПНЫХ ОДНООСНЫХ АГРЕГАТОВ

Сергей Васильевич Щитов, Зоя Федоровна Кривуца, Елена Сергеевна Поликутина,
Виктория Андреевна Щитова, Алексей Алексеевич Ковшун
ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, Амурская область, Благовещенск, Россия

Аннотация. В предлагаемой статье нашёл отражение вопрос повышения продольной устойчивости колёсных энергетических средств при работе с одноосными прицепными агрегатами. Проведёнными исследованиями установлено, что при работе машинно-тракторных агрегатов, состоящих из энергетического средства и прицепной одноосной машины, у которой в процессе работы изменяется масса перевозимого груза (разбрасыватель удобрений), происходит изменение продольной устойчивости. Для решения вышеобозначенной проблемы было предложено устройство, позволяющее решить данную проблему за счёт перемещения точки сцепления прицепной машины с энергетическим средством (трактором) по мере изменения массы транспортируемого груза. Предлагаемое устройство позволяет при работе с прицепными одноосными агрегатами при движении по опорным поверхностям, имеющим угол уклона по отношению к горизонту по мере изменения массы транспортируемого груза смещать центр масс агрегируемого прицепного агрегата и как следствие регулировать нагрузку на передний мост трактора и тем самым корректировать продольную устойчивость энергетического средства. В результате этого происходит изменение нагрузки на передний мост энергетического средства, что влияет на техногенное воздействие движителей на почву и его продольную устойчивость. При проведении экспериментальных исследований установлено, при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке) от 0 до 0,8 м нагрузка на него снижается с 10233 Н до 2005 Н; при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора) возрастает с 12004 Н до 13415 Н.

Ключевые слова: трактор, энергетическое средство, подкатная тележка, продольная устойчивость, прицепной одноосный агрегат.

Для цитирования: Повышение продольной устойчивости энергетического средства при агрегатировании прицепных одноосных агрегатов / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 69-74.

Original article

INCREASE OF LONGITUDINAL STABILITY OF POWER FACILITY AT AGGREGATION OF TRAILED UNIAXIAL UNITS

Sergey V. Shchitov, Zoya F. Krivutsa,
Elena S. Polikutina, Viktoriya A. Shchitova, Alexey A. Kovshun
Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Abstract. The proposed article reflects on the issue of increasing the longitudinal stability of wheeled energy vehicles when operating with single-axle trailed implements. Conducted research has established that when machine-tractor units, consisting of an energy vehicle and a single-axle trailed machine whose transported load mass changes during operation (e.g., a fertilizer spreader), operate, a change in longitudinal stability occurs. To address the aforementioned problem, a device was proposed that allows solving this issue by shifting the hitch point of the trailed machine with the energy vehicle (tractor) as the mass of the transported load changes. The proposed device, when operating with towed single-axle units on supporting surfaces with an inclination angle relative to the horizon, allows for the displacement of the center of mass of the aggregated towed unit as the mass of the transported load changes. Consequently, this regulates the load on the tractor's front axle, thereby correcting the longitudinal stability of the power unit. As a result, the load on the power unit's front axle changes, which affects the technogenic impact of the drive wheels on the soil and its longitudinal stability. During experimental researches, it was found that when the distance between the serial coupling device of the power device (tractor) and the movable support assembly with the coupling device located on the intermediate link (trolley) from 0 to 0.8 m, the load on it decreases from 10233 N to 2005 N; when changing the distance between the serial coupling device of the power unit

(tractor) and the movable support assembly with the coupling device located on the intermediate link (trolley) from 0 to 0.8 m, the load on the front axle of the power vehicle (tractor) increases from 12004 N to 13415 N.

Keywords: tractor, power vehicle, rolling trolley, longitudinal stability, trailed uniaxial unit.

For citation: Increase of longitudinal stability of power facility at aggregation of trailed uniaxial units / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 69-74.

Введение. В процессе выполнения работ, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, имеет место использование машинно-тракторных агрегатов (МТА) состоящих из энергетического средства и прицепной одноосной машины. При этом очень важно отметить тот фактор, что по мере выполнения работ происходит изменение общей массы перевозимого груза - внесения удобрений прицепным разбрасывателем [1-3]. Данный разбрасыватель нашёл широкое применение в небольших крестьянско-фермерских хозяйства, так как обладает хорошей надёжностью и неприхотливостью при эксплуатации. Вместе с тем у таких машин имеется один существенный недостаток - это продольная устойчивость особенно при технологических переездах по поверхностям - дорогам, имеющим угол наклона относительно горизонта [4-5]. Кроме выше сказанного необходимо добавить, что при выполнении работ, непосредственно связанных с внесением удобрений происходит и изменение нагрузки, приходящейся на опорные поверхности как самого энергетического средства (трактора), так и на опорную поверхность прицепного одноосного агрегата [6-8]. Этот вопрос стоит очень болезненно особенно, когда при выполнении работ верхний слой почвы позволяет проводить работы с точки зрения величины влажности, а в нижних горизонтах почвы влажность, повышенная за счёт таяния подстилающего слоя в виде мерзлоты. В этих условиях необходимо, чтобы ходовые системы МТА не продавили верхний слой до мерзлоты и как следствие не нанесли техногенный вред подстилающему основанию, по которому движется энергетическое средство (трактор) и прицепной одноосный агрегат [9-11].

Постановка задачи. В связи выше обозначенной проблемой возникает вопрос, о целесообразности адаптации машинно-тракторных агрегатов состоящий из энергетических средств (тракторов) и прицепных одноосных агрегатов, направленной на повышения продольной устойчивости и снижения техногенного воздействия на почву за счёт нового технического решения.

Результаты исследований и их анализ. Для решения вышеобозначенной проблемы, связанной с агрегатированием прицепных одноосных машин, у которых в процессе выполнения работ, меняется масса транспортируемого груза, а, следовательно, и нагрузка на прицепное устройство энергетического средства (трактора) было найдено техническое решение. Сущность данного технического решения заключается в том, чтобы изменить способ соединения прицепного одноосного агрегата с энергетическим средством (трактором), с использованием промежуточного звена (подкатной тележки), на которое получен патент на полезную модель РФ [12] (рис.1).

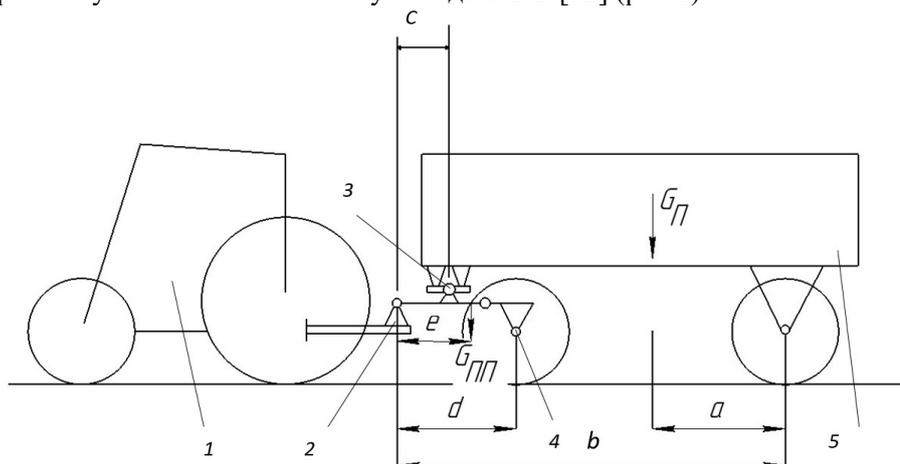


Рисунок 1 - Общая схема «Догружающее-распределяющее устройство для агрегатирования одноосных прицепных агрегатов»

1 - Энергетическое средство (трактор); 2 - серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора); 3 - подвижная опора в сборе с сцепным устройством; 4 - промежуточное звено (подкатная тележка); 5- одноосный прицепной агрегат

Использование предлагаемого технического решения позволяет:

- изменять нагрузку на передний мост энергетического средства (трактор);

- изменять нагрузку на задний мост энергетического средства трактора;
- изменять нагрузку на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке).

Это достигается тем, что по мере изменения массы транспортируемого груза меняется и центр масс агрегируемого прицепного агрегата, что вызывает изменение нагрузки, приходящейся на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке). Изменение нагрузки, приходящейся на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке) в свою очередь изменяет воздействие на сцепное устройство энергетического средства (трактора) с прицепным одноосным агрегатом. В результате этого происходит изменение нагрузки на передний мост энергетического средства, что влияет на техногенное воздействие движителей на почву и его продольную устойчивость [13-16].

На основании проведенных исследований с предлагаемым устройством были получены выражения позволяющие определить:

- реакцию в подвижной опоре со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

$$N_{\text{по}} = \frac{G_{\text{п}}a}{b-c}, \quad (1)$$

где $G_{\text{п}}$ - вес транспортируемого груза прицепным одноосным агрегатом, Н; a - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и точкой расположения его центра масс, м; b - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора), м; c - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке), м.

- реакцию в серийном сцепном устройстве энергетического средства (трактора)

$$N_{\text{сц}} = \frac{G_{\text{п}}a}{d(b-c)}(d-c) + \frac{G_{\text{пр}}(d-e)}{d}, \quad (2)$$

где $G_{\text{п}}$ - вес транспортируемого груза прицепным одноосным агрегатом, Н; a - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и точкой расположения его центра масс, м; b - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора), м; c - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки), м; d - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и осью колеса промежуточного звена (подкатной тележки), м; $G_{\text{пр}}$ - вес промежуточного звена (подкатной тележки), Н; e - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и точкой приложения веса промежуточного звена (подкатной тележки), м. Анализ полученных аналитических выражений (1) и (2) показал, что, изменяя расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке), можно регулировать нагрузку на серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора) и как следствие нагрузку на передний мост энергетического средства (трактора).

Достоверность полученных теоретических исследований можно наглядно проследить по результатам, представленным в таблице 1 и на рисунках 2 и 3.

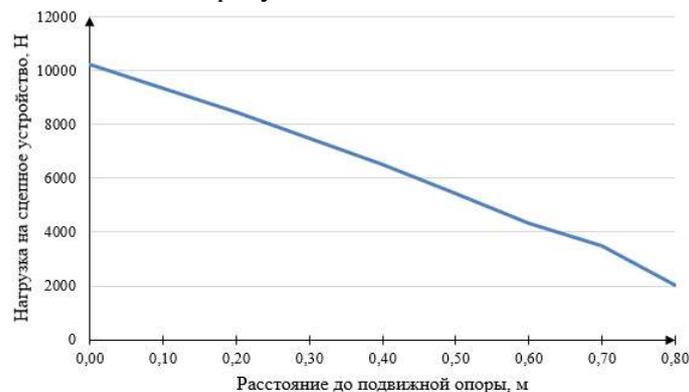


Рисунок 2 - Зависимость нагрузки на серийное сцепное устройство энергетического средства от его расстояния до подвижной опоры в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

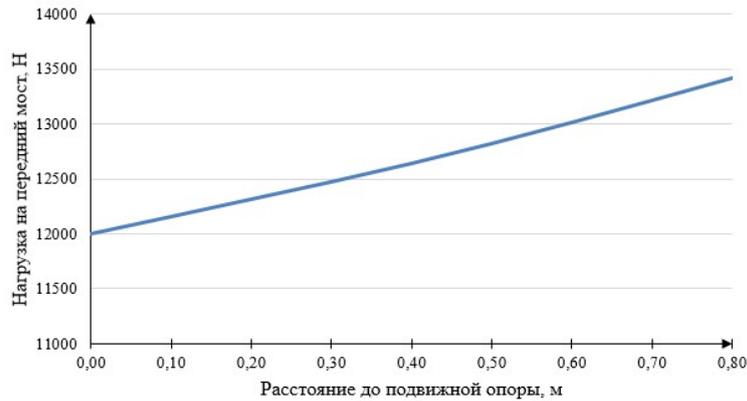


Рисунок 3 - Зависимость нагрузки на передний мост энергетического средства от расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

Таблица 1- Результаты исследований

Расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки), м	Нагрузка на серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора), Н	Нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора), Н
0	10233	12004
0,1	9357	12154
0,2	8443	12311
0,3	7488	12474
0,4	6490	12645
0,5	5446	12824
0,6	4352	13012
0,7	3804	13210
0,8	2005	13415

На основании проведенных исследований установлено следующее:

- при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на него снижается с 10233 Н до 2005 Н;
- при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора) возрастает с 12004 Н до 13415 Н;

Выявлено, что использование предлагаемого устройства позволяет регулировать нагрузку на передний мост трактора и тем самым корректировать продольную устойчивость энергетического средства, при работе с прицепными одноосными агрегатами при движении по опорным поверхностям, имеющим угол уклона по отношению к горизонту. Полученные данные согласуются с ранее проведенными исследованиями по данной тематике [1-3].

Выводы. Проведённые исследования показали, что использование предлагаемого технического решения «Догружающее-распределяющее устройство для агрегатирования одноосных прицепных агрегатов» позволяет:

- увеличивать нагрузку на передний мост энергетического средства (трактора) до 11,7%;
- повышать продольную устойчивость машинно-тракторного агрегата, состоящего из энергетического средства (трактора) и прицепного одноосного агрегата при движении по опорной поверхности, имеющей наклон по отношению к горизонту;
- уменьшать вес перевозимого груза.

С целью повышения тягово-сцепных свойств необходимо расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством - уменьшать. Для повышения продольной устойчивости целесообразно расстояния между се-

рийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством- увеличивать.

Список источников

1. Особенности эксплуатации энергетических средств в условиях рискованного земледелия / З.Ф. Кривуца, С.В. Щитов, С.Н. Марков и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 99-103.
2. Повышение эффективности использования тракторов класса 5 при подготовке почвы под посев / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, И.В. Бумбар и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 6 (106). С. 60-63.
3. Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 80-89.
4. Улучшение тягово-сцепных свойств бороновального машинно-тракторного агрегата / В.В. Леонов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 199. С. 69-81.
5. Исследование по оптимизации глубины обработки почвы [Электронный ресурс] / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2024. № 10 (204). IDA [article ID]: 2042410016. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/10/pdf/16.pdf>, 0.563 у.п.л. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-016>.
6. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3 (51). С. 71-77.
7. Влияние корректора-распределителя сцепного веса на перераспределение нагрузки внутри бороновального агрегата / В.В. Леонов, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 10 (240). С. 85-93.
8. Окунев Г.А., Зырянов А.П., Пятаев М.В. Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста // АПК России. 2022. Т. 29, № 1. С. 48-53.
9. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3 (51). С. 71- 77.
10. Регулирование силового воздействия на каток с учётом свойств почвы / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 80-89.
11. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата при подготовке почвы под посев: монография / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2024. 164 с. ISBN: 978-5-9642-0597-5.
12. Догружающе-распределяющее устройство для агрегатирования одноосных прицепных агрегатов: пат. 230744 Рос. Федерация / С.В. Щитов, З.Ф.Кривуца, Е.С. Поликутина, А.А. Ковшун, В.А. Щитова, М.В. Безверхая; Заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. - № 2024126669; заявл. 11.09.2024; опубл. 18.12.24.
13. Улучшение тяговых показателей колёсных энергетических средств при работе с прицепными агрегатами / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 5 (109). С. 144-148.
14. Результаты исследований по использованию колесного трактора и модернизированной дисковой бороны / А.Е. Слепенков, В.В. Леонов, О.П. Митрохина и др. // Технический сервис машин. 2022. № 1 (146). С. 39-45.
15. Влияние параметров ходовых систем колесных машин на изменение плотности почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, И.С. Крук и др. // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 5. С. 30-37. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37.
16. Ревенко В.Ю., Назаров А.Н., Скорляков В.И. Методика расчёта давления на почву колёсных тракторов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (5). С. 868-876.

Информация об авторах

С.В. Щитов - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, shitov.sv1955@mail.ru.

З.Ф. Кривуца - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, математики и информатики ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, zfk20091@mail.ru.

Е.С. Поликутина – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электро-техники ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, e.polikytina@mail.ru

В.А. Щитова - студент ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, vikasitova814@gmail.com

А.А. Ковшун - аспирант ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, lkovshun1@mail.ru

Information about the authors:

S.V. Shchitov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport and Energy Means and Mechanization of the Agro-Industrial Complex Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru.

Z.F. Krivutsa - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physics, Mathematics and Computer Science Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@mail.ru.

E.S. Polikutina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Power Engineering Far Eastern State Agrarian University, e.polikytina@mail.ru

V.A. Shchitova - student Far Eastern State Agrarian University, vikasitova814@gmail.com

A.A. Kovshun - Postgraduate Student Far Eastern State Agrarian University, lkovshun1@mail.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.10.2025, одобрена после рецензирования 27.10.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 14.10.2025, approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 12.01.2026.

© Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С., Щитова В.А., Ковшун А.А.