

УДК 631.171

UDC 631.171

4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)

4.3.1 - Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

### **ПОВЫШЕНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОХОДИМОСТИ ТРАКТОРОВ С ПРИЦЕПНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ**

### **INCREASING AGROTECHNICAL CROSS-COUNTRY ABILITY OF TRACTORS WITH TRAILED AGRICULTURAL MACHINERY**

Поликутина Елена Сергеевна  
Кандидат технических наук  
РИНЦ SPIN-код: 5782 -6936  
email: [e.polikyтина@mail.ru](mailto:e.polikyтина@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Polikutina Elena Sergeevna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI SPIN-code: 5782-6936  
email: [e.polikyтина@mail.ru](mailto:e.polikyтина@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Щитов Сергей Васильевич  
Д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 4944 -6871  
email: [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Shchitov Sergey Vasilyevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 4944-6871  
email: [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Кривуца Зоя Фёдоровна  
Д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 6124 -5403  
email: [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Krivutsa Zoya Fedorovna  
Dr.Sci.Tech.D.Eng., professor  
RSCI SPIN-code: 6124-5403  
email: [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

Кузнецов Евгений Евгеньевич  
Д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 6082-4770  
email: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

*Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86*

Kuznetsov Evgeny Evgenievich  
Dr.Sci.Tech.D.Eng., professor  
RSCI SPIN-code: 6082-4770  
email: [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

*Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86*

При выполнении ряда работ, предусмотренных технологией возделывания сельскохозяйственных культур необходимо использование прицепных сельскохозяйственных агрегатов. В отличие от навесных сельскохозяйственных агрегатов, используемых на полевых работах, прицепные агрегаты не могут передавать часть своего веса на ведущие колёса энергетического средства за счёт использования серийно установленных гидроувеличителей сцепного веса. В связи с этим при проведении полевых работ энергетическим средствам иногда не хватает сцепного веса для преодоления сил сопротивления создаваемых прицепной машиной. Это особенно относится к почвам с тяжёлым механическим составом почвы, поэтому для решения данной проблемы

If you perform a lot of work prescribed by the technology of growing crops, then you need to use an agricultural unit with a tail. In contrast to mounted agricultural units used in the field, trailer units cannot transfer part of their weight to the driving wheels of the power tool by using serially installed coupling hydraulics. In this regard, during field work, energy means sometimes do not have enough grip weight to overcome the resistance forces created by a trailed machine. This is especially true for soils with heavy mechanical composition of the soil, therefore, to solve this problem, additional ballast of energy resources is used by applying a special load or filling the tire with water. At the same time, this is not acceptable for most territories have different natural and climatic parameters where agricultural crops are grown in

применяется дополнительное балластирование энергетического средства путём навешивания специальных грузов, заполнение водой шины и т.д. В тоже время — это приемлемо не для всех регионов, занимающихся возделыванием сельскохозяйственных культур по причине значительного влияния природных и климатических условий на эксплуатацию колесных энергетических средств. Ведущими факторами являются: -повышенная гигроскопическая влажность почвы; - наличие мерзлоты при проведении работ. На ряду с этим, увеличение сцепного веса путём использования различного вида догрузателей с использованием дополнительного балластирования, в конечном итоге увеличивает напряжение в почве после её контакта с ходовыми системами машинно-тракторного агрегата. На основании ранее проведенных исследований было установлено, что наиболее эффективный способ повышения агротехнологической проходимости – увеличение нагрузки на ведущие движители по мере необходимости. Это обеспечивается путем использования дополнительно установленных устройств, позволяющих частично использовать для этих целей вес сельскохозяйственной машины. Данный вопрос хорошо рассмотрен для навесных сельскохозяйственных агрегатов. В данной статье рассмотрен вопрос повышения нагрузки на ведущие движители энергетического средства при его работе с прицепными сельскохозяйственными агрегатами. Установлены ведущие факторы, влияющие на значения вспомогательной нагрузки, приходящейся на ведущие движители: – положения нижней точки прицепного устройства относительно нижней тяги сцепного устройства; – расстояние между точками крепления предлагаемого устройства на навеске трактора; – угол наклона верхней тяги навески к горизонту. Проведённые исследования доказали, что предлагаемое устройство позволяет догружать ведущие движители трактора при работе с прицепными сельскохозяйственными агрегатами

Ключевые слова: ТЯГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ПРИЦЕПНАЯ МАШИНА, НАГРУЗКА, СЦЕПНОЙ ВЕС, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО

which these works have to be performed. At the same time, this is not acceptable for all regions engaged in the cultivation of agricultural crops due to the significant natural and climatic factors have a significant impact on operation wheeled power vehicles. The leading factors are: -high hygroscopic soil moisture; - presence of permafrost during works. Along with this, increasing the weight of the coupling by using different types of additional ballasting adhesives, eventually improves exploited system mechanical tractor unit. Based on previous research, it was determined the most effective way to increase agricultural technology cross-country capabilities is to increase the load on the drive thrusters if necessary. This is achieved by using additionally installed devices that allow the weight of the agricultural machine to be partially used for these purposes. This issue has been well considered for mounted agricultural units. This article examines the issue of increasing the load on the leading propellers of a power vehicle when it operates with trailed agricultural units. The leading factors influencing the values of the auxiliary load on the leading propellers have been identified: - location of the lower point of the hitch in relation to the lower suspension rods; - distance between attachment points of the proposed device on the tractor suspension; - angle of upper hinge rod inclination to horizon. Studies have proven that the proposed device allows you to load the driving tractor propellers when working with trailed agricultural units

Keywords: TRACTION INDICATORS, TRAILER, LOAD, COUPLING WEIGHT, ENERGY MEANS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-201-012>

**Введение.** Как показали многочисленные исследования, посвященные эксплуатации колесных механических транспортных средств с тяговыми агрегатами, особенно колесного типа 4К2, при наличии грунтов повышенной влажности, а также при наличии слоев, находящихся под

<http://ej.kubagro.ru/2024/07/pdf/12.pdf>

твердым покрытием, буксование основного движителя увеличивается. Решение данной проблемы находит отражение в искусственном увеличении нагрузки на ведущие движители энергетического средства. Наиболее распространённые способы, применяемые в данном случае представлены на рисунке 1.

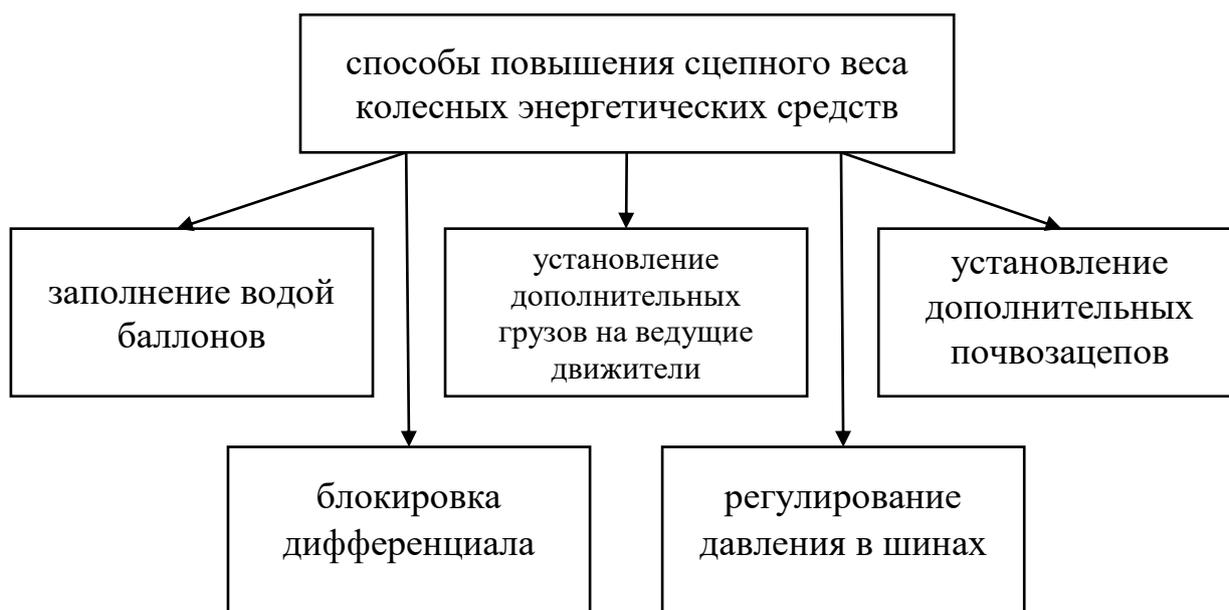


Рис. 1– Способы повышения тяговых показателей колёсных энергетических средств

Выше перечисленные способы увеличения тяговых показателей колёсных энергетических средств, не смотря на простоту их решения имеют один существенный недостаток, выраженный в использовании дополнительного времени на переоборудование. В то же время при выполнении работ связанных с транспортировкой прицепных агрегатов и транспортных работ не всегда почвенные условия одинаковые, что вызывает дополнительные затраты времени на переоборудование. При этом ряд способов повышения тяговых показателей трактора такие как блокировка дифференциала или регулирование давление в шинах наиболее эффективны в сочетании с другими способами повышения тяговых

свойств. Использование дополнительных грунтозацепов на тяжёлых, глинистых почвах с повышенной влажностью способствуют образованию глыбистости, что негативно сказывается на развитии и прорастание растений. Чтобы увеличить связующий вес, мы предложили несколько устройств, которые позволяют регулировать связующий вес энергетического транспортного средства [1,2,3,4].

### **Материалы и методы.**

Целью данного исследования является повышение агротехнической проходимости тракторов с прицепной сельскохозяйственной техникой на пересеченной местности.

Задачей представленных исследований является установление взаимосвязи между тянущей сельскохозяйственной техникой и нагрузкой на приводное устройство трактора.

В процессе выполнения различных работ с прицепными агрегатами тяговое усилие оказывается не достаточной для преодоления силы сопротивления оказываемое прицепным агрегатом, что сказывается на величине буксования трактора. Одним из способов решения этой проблемы является автоматическая догрузка задних ведущих колес энергетического транспортного средства с увеличением тягового усилия, создаваемого тяговым агрегатом. При этом необходимым условием должен стать принцип автоматической догрузки задних ведущих колёс, особенно для тракторов с колёсной формулой 4К2, с возрастанием силы сопротивления прицепного агрегата. Это позволит тракторам данной модификации повысить их агротехнологические свойства за счёт изменения коэффициента сцепного веса, который зависит от сцепного веса. При этом необходимо помнить, что для преодоления сил сопротивления необходимо два основных условия:

– касательная сила тяги по двигателю должна быть больше необходимой силы тяги для выполнения работы

$$P_{кд} = \frac{M_H i_{тр} \eta_{тр}}{r_k} \quad (1)$$

или

$$P_{кд} > P_k, \quad (2)$$

где  $M_H$  – номинальный момент развиваемый двигателем при наименьшем удельном расходе топлива двигателем, Н·м;  $i_{тр}$  – передаточное число;  $\eta_{тр}$  – эффективность передачи;  $r_k$  – теоретический радиус ведущих колес трактора, м;  $P_k$  – сила, передаваемая от двигателя через коробку передач на ведущие колеса трактора, Н;

– сила, образовавшаяся от сцепления движителей с почвой должна быть больше необходимой силы тяги для выполнения работы

$$P_{кс} = \varphi G_{сц}, \quad (3)$$

или

$$P_{кс} > P_k, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления движителя с почвой;  $G_{сц}$  – нагрузка на ведущие колеса энергетического транспортного средства, Н.

В то же время следует отметить, что по ряду причин энергетические продукты не всегда в полной мере реализуют тяговые характеристики:

- повышенная влажность почвы в период проведения работ, предусмотренных технологией возделывания сельскохозяйственных культур;
- проведение весенних работ при наличии твердого мерзлотного основания (промерзание почвы зимой на большую глубину до 3м);
- невозможность реализовать весь вес энергетического средства ведущими колёсами (колёсная формула 4К2).

Улучшить реализацию контакта ведущих колёс энергетических средства, при работе с прицепными агрегатами, предлагается путём использования устройства позволяющего частично догружать задние

ведущие колёса. Принцип работы данного устройства заключается в постановке на механизм навески энергетического средства механического корректора, который позволяет дополнительно догружать задние ведущие колёса за счёт частичного перераспределения силы сопротивления возникающей от агрегатирования прицепной машины. В связи с тем, что на данное устройство подана заявка на изобретение общее устройство и принцип работы подробно не описывается. В результате теоретических исследований была получена формула отражающая зависимость между сцепным весом задних ведущих колёс трактора и силой сопротивления, оказываемой прицепным сельскохозяйственным агрегатом (орудием). В общем случае нагрузка, приходящаяся на задние колёса трактора с установленным устройством равна

$$G_{\text{сцц}} = G_{\text{сцс}} + G_{\text{д}}, \quad (5)$$

где  $G_{\text{сцс}}$  – сила, действующая на ведущие движители трактора в серийном исполнении, Н;  $G_{\text{д}}$  – дополнительная сила, действующая на приводы трактора за счет прицепной машины, Н.

Нагрузку приходящуюся на ведущие движители трактора равна [5]

$$G_{\text{сц}} = \frac{G}{L}(L - a), \quad (6)$$

где  $G$  – вес энергетического средства( трактора), Н;  $L$  – расстояние между реакциями опор энергетического средства (продольная база), м;  $a$  – продольная координата центра тяжести энергетического средства, м.

Дополнительная (догружающаяся) нагрузка приходящейся на ведущие движители трактора от прицепной машины на основании ранее проведенных исследований можно определить по следующему выражению

$$G_{\text{д}} = P_{\text{кр}} \frac{(L - a)Htg\alpha + h_{\text{п}}h_{\text{с}}}{Lh_{\text{с}}}, \quad (7)$$

где  $P_{кр}$  – сила сопротивления возникающая от прицепной машины, Н;  $H$  – расстояние между точкой соединения сельскохозяйственной техники и нижней тягой навесного устройства трактора, м;  $\alpha$  – угол между силой, создаваемой прицепной машиной к трактору, град;  $h_{п}$  – верхний габаритный размер стойки для оборудования, м;  $h_c$  – расстояние между точкой крепления навесной машины к устройству, м.

Анализируя формулу (7) необходимо отметить, что изменить сцепной вес трактора трактора возможно обеспечить путём изменения угла наклона верхней тяги навески к опорному основанию, по которому движется навесная машина (Рисунок 1).

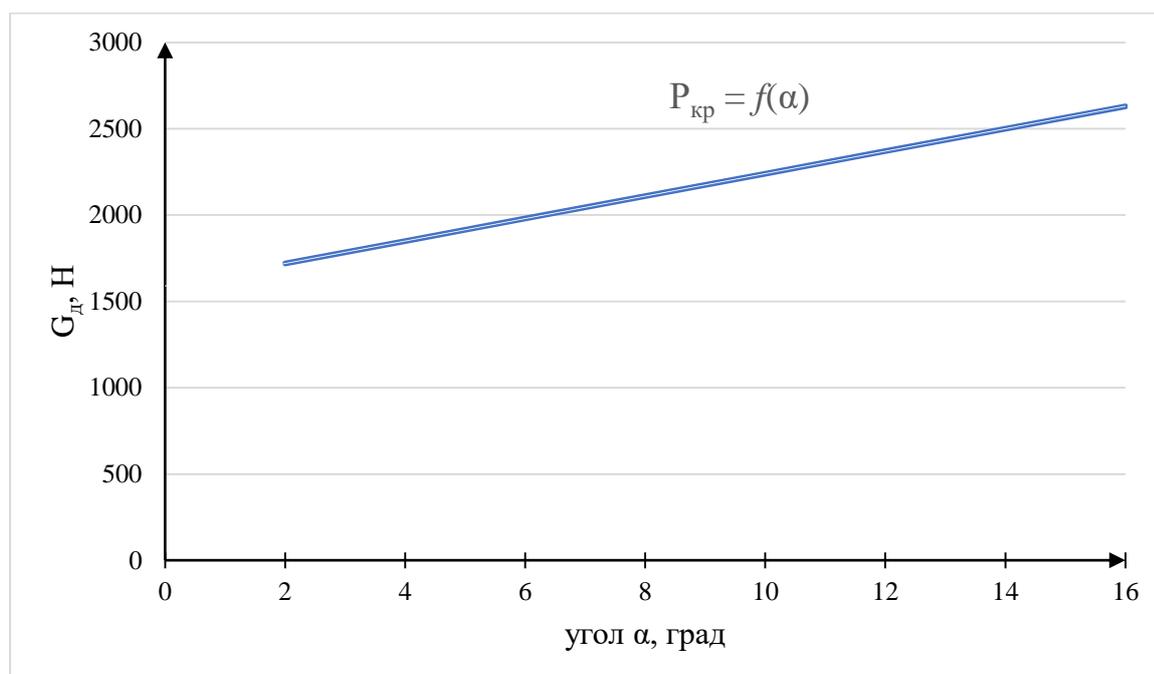


Рис. 2 – Зависимость дополнительной нагрузки от расположения верхней тяги навески к горизонту

Из представленных данных (Рисунок 1) видно, что при изменении угла наклона верхней тяги навески к опорному основанию, по которому движется навесная машина от 2 градусов до 16 градусов произошло увеличение нагрузки от 1720 Н до 2630 Н.

**Заключение.** Использование предлагаемого устройства повышает нагрузку на ведущие движители колёсного энергетического средства от 11% до 14,5 % при работе с прицепными сельскохозяйственными агрегатами.

#### Список использованной литературы

1. Пат. 2613390 Российская Федерация, МПК В62D 53/04, А01В 59/04. Пружинно–рычажный корректор сцепного веса колесного трактора / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, Е.С. Поликутина; Дальневосточ. гос. аграр. ун-т. – №2015140368; Заявл. 22.09.2015; Оpubл.16.03.2017, Бюл. № 8.

2. Догружающее устройство прикатывающего агрегата, патент на изобретение № 2680167 Рос. Федерация, МКИ В 60 В 11/02, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, заявитель и патентообладатель. федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования Дальневосточный государственный аграрный университет, заявка № 2017136497 от 16.10.2017 Опубликовано 19.02.2019 Бюл. № 5.

3. Поликутина Е.С. Улучшение тягово-сцепных свойств бороновального машинно-тракторного агрегата / Е.С. Поликутина [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ 199(05)) – 2024. –13 с. Мб <http://ej.kubagro.ru/2024/05/pdf/08.pdf>

4. Вторников А. С. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров колёсных энергетических средств: монография. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2023. 167 с. ISBN 978-5-9642-0582-1

#### References

1. Pat. 2613390 Rossijskaja Federacija, MPK V62D 53/04, A01V 59/04. Pruzhinno–rychazhnyj korrektor scepного vesa kolesного traktora / S.V. Shhitov, E.E. Kuznecov, E.S. Polikutina; Dal'nevostoch. gos. agrar. un-t. – №2015140368; Zajavl. 22.09.2015; Opubl.16.03.2017, Bjul. № 8.

2. Dogruzhajushhee ustrojstvo prikatyvajushhego agregata, patent na izobretenie № 2680167 Ros. Federacija, MKI V 60 V 11/02, E.E. Kuznecov, S.V. Shhitov, zjavitel' i patentoobladatel'. federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenija vysshego obrazovanija Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, zjavka № 2017136497 ot 16.10.2017 Opublikovano 19.02.2019 Bjul. № 5.

3. Polikutina E.S. Uluchshenie tjagovo-scepnyh svojstv boronoval'nogo mashinno-traktornogo agregata / E.S. Polikutina [i dr.] // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvenного agrarnого universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU 199(05)) – 2024. –13 s. Mb <http://ej.kubagro.ru/2024/05/pdf/08.pdf>

4. Vtornikov A. S. Shhitov S. V., Kuznecov E. E., Krivuca Z. F. Metody optimizacii konstruktivnyh i jekspluatacionnyh parametrov koljosnyh jenergeticheskikh sredstv: monografija. Blagoveshhensk: Dal'nevostochnyj GAU, 2023. 167 s. ISBN 978-5-9642-0582-1