

Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 71–78

Vestnik Kurganskoy GSNA. 2024; 2(50): 71–78

### Научная статья

УДК 631.372

Код ВАК 4.3.1

EDN: GСYСKГ

## УЛУЧШЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ МОНОБЛОЧНОГО ТРАКТОРА С КОЛЁСНОЙ ФОРМУЛОЙ 4К2

Елена Сергеевна Поликутина<sup>1</sup>, Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>2</sup>, Сергей Васильевич Щитов<sup>3</sup>, Зоя Федоровна Кривуца<sup>4</sup>✉, Иван Васильевич Бумбар<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> e.polikytina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9726-5176>

<sup>2</sup> ji.tor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0725-4444>

<sup>3</sup> shitov.sv1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>

<sup>4</sup> zfk20091@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5345-1732>

<sup>5</sup> bymbar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7584-2083>

**Аннотация.** Цель исследования – повышение эффективности использования колёсных энергетических средств путём перераспределения сцепного веса между движителями. Для определения нагрузки, приходящейся на движители (колёса) энергетического средства (трактора), использовалась методика в соответствии с ГОСТ 58656-219 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву». В качестве прибора для измерения веса, приходящегося на движители энергетического средства, использовалась передвижная весовая лаборатория на базе автомобиля. Повышение сцепного веса за счёт навешивания дополнительных грузов на диски ведущих колёс в условиях Амурской области не представляется возможным из-за слабой несущей способности почвы при проведении полевых работ ввиду специфических условий (наличие мерзлотного основания, выпадение осадков в виде дождя со снегом). На основании проведенных исследований было установлено, что догрузку на ведущие колеса трактора с колёсной формулой 4К2 можно осуществить за счёт частичного перераспределения нагрузки с переднего не ведущего моста на задний ведущий мост с использованием дополнительного устройства. Эксплуатация предлагаемого устройства для перераспределения нагрузки между мостами трактора позволяет увеличить сцепной вес, приходящийся на задние колёса трактора. При работе предлагаемого устройства сцепной вес повысился на 11,4 % за счет снижения нагрузки на передний мост трактора на 2,9 кН. В результате проведенных исследований была получена зависимость, позволяющая определить влияние дополнительно установленного устройства на сцепной вес трактора с колёсной формулой 4К2. Использование предложенной зависимости даёт возможность лучше загрузить трактор с колёсной формулой 4К2, что в конечном итоге позволит повысить эффективность его использования при проведении сельскохозяйственных полевых работ.

**Ключевые слова:** колёсный трактор, машинно-тракторный парк, касательная сила тяги, коэффициент использования сцепного веса, увеличение нагрузки на движители, тяговое усилие на крюке.

**Для цитирования:** Поликутина Е.С., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Бумбар И.В. Улучшение реализации тягового усилия моноблочного трактора с колёсной формулой 4К2 // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2(50). С. 71–78. EDN: GСYСKГ.

### Scientific article

## IMPROVING THE IMPLEMENTATION OF THE MONOBLOCK TRACTOR TRACTION FORCE WITH A 4W2 WHEEL FORMULA

Elena S. Polikutina<sup>1</sup>, Evgeny E. Kuznetsov<sup>2</sup>, Sergey V. Shchitov<sup>3</sup>, Zoya F. Krivutsa<sup>4</sup>✉, Ivan V. Bumbar<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> e.polikytina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9726-5176>

<sup>2</sup> ji.tor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0725-4444>

<sup>3</sup> shitov.sv1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>

<sup>4</sup> zfk20091@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5345-1732>

<sup>5</sup> bymbar@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7584-2083>

**Abstract.** The purpose of the study is to increase the efficiency of wheeled energy means by redistributing the adhesive weight between movers. To determine the load on the movers (wheels) of an energy means (tractor), a technique was used in accordance with GOST 58656-219 'Mobile agricultural machinery. Methods for determining the impact of movers on the soil'. A mobile weighing laboratory based on a vehicle was used as a device for measuring the weight of the energy means movers. Adhesive weight increase by attaching additional loads on the discs of the driving wheels is not possible in the Amur region due to the weak bearing capacity of the soil during field work due to specific conditions

(cryosolic base presence, precipitation in the form of rain and snow). Based on the conducted research, it has been found that additional loading onto the tractor driving wheels with a 4W2 wheel formula can be carried out by partially redistributing the load from the front non-driving axle to the rear driving axle using an additional device. Such application of the proposed device in order to redistribute the load between the tractor axles, allows for increasing the adhesive weight of the tractor's rear wheels. During the proposed device operation, the coupling weight increased by 11.4%, due to a decrease in the load on the tractor front axle by 2.9 kN. As a result of the conducted research, a dependence was obtained that allows for determining the effect of an additionally installed device on the adhesive weight of a tractor with a 4W2 wheel formula. Application of the proposed dependence makes it possible to better load a tractor with a 4W2 wheel formula, which ultimately will increase the efficiency of its use during agricultural field work.

**Keywords:** wheeled tractor, machine-tractor fleet, tangential traction force, adhesive weight use factor, increased load on the driving wheels, traction force on the hook.

**For citation:** Polikutina E.S., Kuznetsov E.E., Shchitov S.V., Krivutsa Z.F., Bumbar I.V. Improving the implementation of the monoblock tractor traction force with a 4W2 wheel formula. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2024; 2(50): 71–78. EDN: GCYCKG. (In Russ).

**Введение.** Колёсные энергетические средства (формула 4К2) в настоящее время нашли широкое применение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1–3]. В то же время одной из главных проблем, с которой сталкиваются небольшие товаропроизводители, в том числе КФХ (крестьянско-фермерские хозяйства), является многократное воздействие на почву при возделывании сельскохозяйственных культур [4; 5]. Это можно объяснить тем, что в основном машинно-тракторный парк данных хозяйств оснащён тракторами относительно небольшого класса тяги 1.4...2. Этому способствует ряд причин, основные из которых представлены на рисунке 1.

Наряду с этим данные тракторы обладают рядом преимуществ и недостатков (рисунки 2, 3). Остановимся более подробно на одном существенном недостатке – неполной реализации потенциально заложенных тяговых возможностей данных энергетических средств. Эффективность работы энергетических средств во многом определяется их возможностью в полной мере реализовывать эффективную мощность двигателя через ведущий и крутящие моменты, которые в конечном итоге определяют тяговые возможности энергетического средства.

В то же время реализация тяговых возможностей энергетического средства во многом определяется сцепными свойствами, а именно эффективным использованием сцепного веса [6–10].

**Материалы и методы.** Для определения нагрузки, приходящейся на движители (колёса) энергетического средства (трактора) использовалась методика в соответствии с ГОСТ 58656-219 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».

Измерение нагрузки, приходящейся на движители, производилось в соответствии с ГОСТ 58656-219 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву» с использованием передвижной весовой лаборатории [11]. В качестве объекта исследования был взят трактор класса 1,4 МТЗ-80 (рисунок 4).

При использовании тракторов с колёсной фор-

мулой 4К4 касательная сила тяги энергетического средства  $P_{к4}$  представлена:

$$P_{к4} = P_{кп} + P_{кз}, \quad (1)$$

где  $P_{кп}$  – касательная сила тяги, реализуемая передними колёсами, Н;

$P_{кз}$  – касательная сила тяги, реализуемая задними колёсами, Н.

Касательная сила тяги энергетического средства с учётом коэффициента использования сцепного веса можно определить по следующему выражению:

$$P_{к4} = \varphi_{п} G_{сцп} + \varphi_{з} G_{сцз}, \quad (2)$$

где  $\varphi_{п}$  – коэффициент использования сцепного веса передних колёс;

$\varphi_{з}$  – коэффициент использования сцепного веса задних колёс;

$G_{сцп}$  – сцепной вес, приходящийся на передние колёса, Н;

$G_{сцз}$  – сцепной вес, приходящийся на задние колёса, Н.

В общем случае у трактора с колёсной формулой 4К4 общий реализуемый сцепной вес равен

$$G_{сцк4} = G_{сцп} + G_{сцз}. \quad (3)$$

Сцепной вес может изменяться в результате увеличения нагрузки на движители:

– за счёт использования дополнительных устройств [12–14]

$$G_{сцк4} = G_{сцп} + G_{сцз} + G_{д}, \quad (4)$$

где  $G_{д}$  – нагрузка на движители, создаваемая дополнительно установленным на энергетическое средство устройством;

– за счёт использования частичной нагрузки, создаваемой на крюке сельскохозяйственного орудия

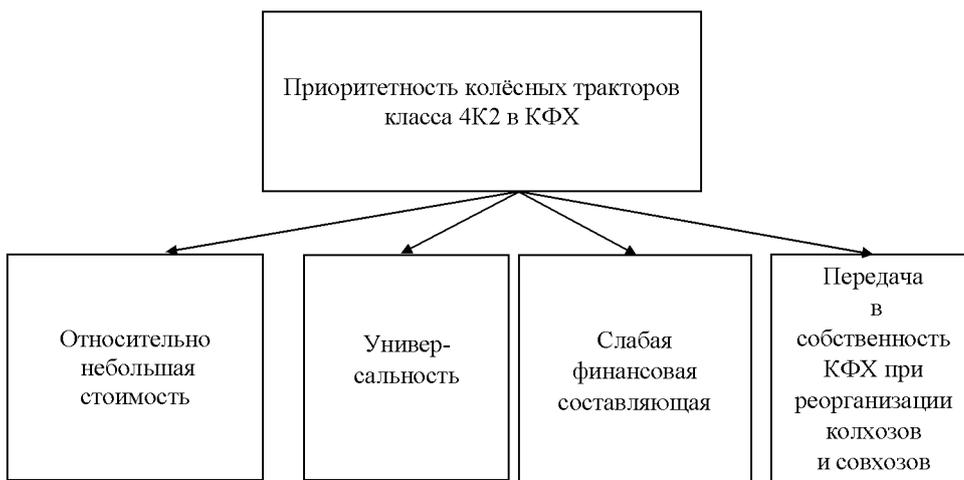


Рисунок 1 – Приоритетность колёсных тракторов класса 4К2 в КФХ

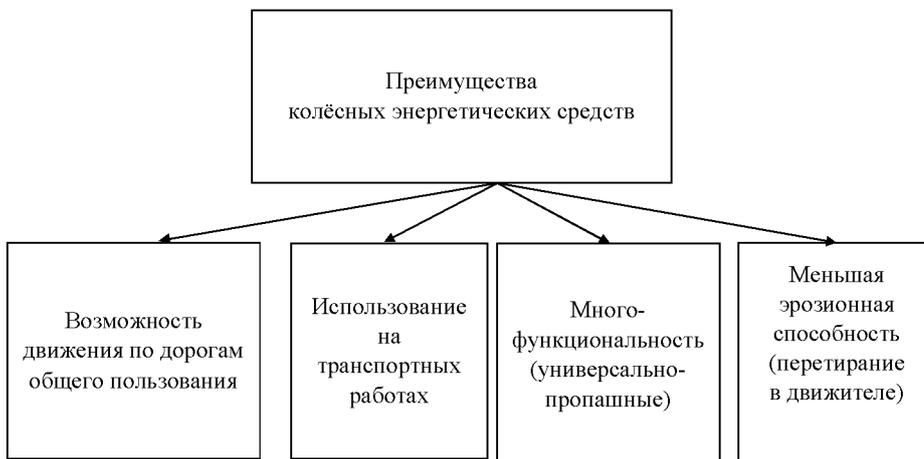


Рисунок 2 – Преимущества колёсных энергетических средств



Рисунок 3 – Недостатки колёсных энергетических средств



Рисунок 4 – Фрагмент проведения исследований

$$G_{\text{сцк4}} = G_{\text{сцп}} + G_{\text{сцз}} + P_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta, \quad (5)$$

где  $P_{\text{кр}}$  – тяговое усилие на крюке, создаваемое сельскохозяйственным орудием, Н;

$\beta$  – угол наклона линии тяги, град.

Учитывая, что для тракторов с колёсной формулой 4К2 общий сцепной вес равен:

$$G_{\text{сцп2}} = G_{\text{сцз}}, \quad (6)$$

можно изменять сцепной вес за счет увеличения нагрузки на движители:

– за счёт использования дополнительных устройств:

$$G_{\text{сцк2}} = G_{\text{сцз}} + G_{\text{Д}} \quad (7)$$

где  $G_{\text{Д}}$  – вес, приходящийся на движители, создаваемый дополнительно установленным на энергетическое средство устройством, Н;

– за счёт использования частичной нагрузки создаваемой на крюке сельскохозяйственного орудия

$$G_{\text{сцк2}} = G_{\text{сцз}} + P_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta. \quad (8)$$

Сцепной вес трактора в зависимости от колёсной формулы распределяется в виде нагрузки, приходящейся на движители, которая и определяет касательную силу тяги:

– для колёсного трактора 4К4:

$$P_{\text{к4}} = \varphi_{\text{п}} Y_{\text{п}} + \varphi_{\text{з}} Y_{\text{з}}, \quad (9)$$

где  $Y_{\text{п}}$  – нагрузка, приходящаяся на передние колёса, Н;

$Y_{\text{п}}$  – нагрузка, приходящаяся на задние колёса, Н.

– для колёсного трактора 4К2:

$$P_{\text{к2}} = \varphi_{\text{з}} Y_{\text{з}}, \quad (10)$$

При движении энергетического средства возникает сила сопротивления движению:

$$P_{\text{f}} = f_{\text{п}} Y_{\text{п}} + f_{\text{з}} Y_{\text{з}}, \quad (11)$$

где  $f_{\text{п}}, f_{\text{з}}$  – коэффициент сопротивления качению соответственно передних и задних колёс.

Производительность машинно-тракторных агрегатов при выполнении полевых работ во многом определяется тяговым усилием, которое развивает энергетическое средство:

$$P_{\text{кр}} = P_{\text{к}} - P_{\text{f}}. \quad (12)$$

Исходя из выражения (12), выразим тяговое (крюковое усилие):

– для трактора 4К4:

$$P_{\text{кр4}} = (\varphi_{\text{п}} Y_{\text{п}} + \varphi_{\text{з}} Y_{\text{з}}) - (f_{\text{п}} Y_{\text{п}} + f_{\text{з}} Y_{\text{з}}) \quad (13)$$

или

$$P_{\text{кр4}} = (\varphi_{\text{п}} - f_{\text{п}}) Y_{\text{п}} + (\varphi_{\text{з}} - f_{\text{з}}) Y_{\text{з}}; \quad (14)$$

– для трактора 4К2:

$$P_{\text{кр2}} = \varphi_{\text{з}} Y_{\text{з}} - (f_{\text{п}} Y_{\text{п}} + f_{\text{з}} Y_{\text{з}}) \quad (15)$$

или

$$P_{\text{кр2}} = (\varphi_{\text{з}} - f_{\text{з}}) Y_{\text{з}} - f_{\text{п}} Y_{\text{п}}. \quad (16)$$

Таким образом, на основании выражений (14) и (15) видно, что тяговое усилие у трактора с ко-

лѐсной формулой 4К2 меньше, чем у трактора с колѐсной формулой 4К4, на величину  $(\varphi_{п} Y_{п})$ . Одним из способов увеличения тягового усилия для тракторов с колѐсной формулой 4К2 является увеличение нагрузки, приходящейся на задний ведущий мост [15].

Известно, что сцепной вес, возможно, корректировать за сѐт навешивания дополнительных грузов или за сѐт использования дополнительно установленных устройств [12–14].

Использование дополнительных навешенных грузов с целью увеличения сцепного веса не всегда оправдано, так как это в целом повышает общую массу трактора, а следовательно, и увеличивает напряжение в почве. Особенно этот способ не приемлем на почвах, обладающих слабой несущей способностью в период переувлажнения, что является характерным для условий Амурской области. Решение данной проблемы было найдено за сѐт установки на трактор дополнительного устройства, позволяющего в случае необходимости догружать задний ведущий мост трактора путѐм частичного перераспределения нагрузки приходящейся на передний мост. Устройство и принцип работы предлагаемого устройства подробно описано в работе [12]. При перераспределении нагрузки учитывалось, чтобы трактор не потерял управляемость. В результате проведенных исследований была получена зависимость, позволяющая определить величину дополнительной нагрузки, приходящейся на задний ведущий мост с учетом выхода штока гидроцилиндра:

$$G_{д} = \frac{aP\cos\alpha + mP\sin\alpha}{b\sin\beta - (m - h)\cos\beta} \quad (17)$$

где  $P$  – нагрузка, передаваемая штоком гидроцилиндра, Н;

$\alpha$  – угол, под которым расположен гидроцилиндр к точке соединения, град;

$m$  – величина перемещения штока гидроцилиндра, м;

$b$  – расстояние между точкой крепления гидроцилиндра и подвижным шарниром, м;

$a$  – расстояние между шарнирно-неподвижной опорой и точкой крепления гидроцилиндра, м;

$\beta$  – угол приложения нагрузки к передающим элементам, град;

$h$  – расстояние между рессорными элементами, м.

Для подтверждения эффективности использования предложенного устройства были проведены исследования, результаты которых приведены на рисунке 5.

На основании полученных данных было установлено, что при использовании предложенного устройства произошло увеличение сцепного веса с 20,2 кН до 23,1 кН. При этом коэффициент использования сцепного веса изменяется с 0,67 до 0,44.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Учитывая полученную зависимость (17), выражение (16) примет вид, чье графическое представление приведено на рисунке 6.

$$P_{кр2} = (\varphi_3 - f_3) \frac{aP\cos\alpha + mP\sin\alpha}{b\sin\beta - (m - h)\cos\beta} - f_{п} Y_{п} \quad (18)$$

Анализируя рисунок 5, можно утверждать, что одновременное приращение длины выхода штока гидроцилиндра и угла, под которым расположен гидроцилиндр к точке соединения, позволит значительно увеличить тяговое усилие трактора до 28кН.

На основании полученной зависимости (18) видно, что за сѐт частичного перераспределения нагрузки с переднего, неведущего моста на задний ведущий мост возросло тяговое усилие, развиваемое трактором с колѐсной формулой 4К2 при выдвигении штока в промежутке от 30 см до 40 см.

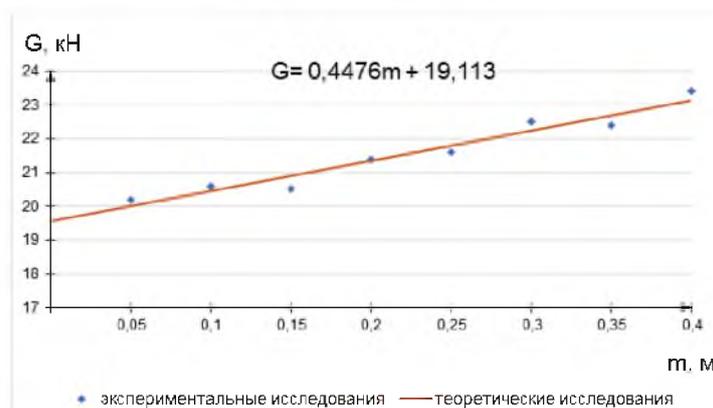


Рисунок 5 – Зависимость сцепного веса от длины выхода штока гидроцилиндра

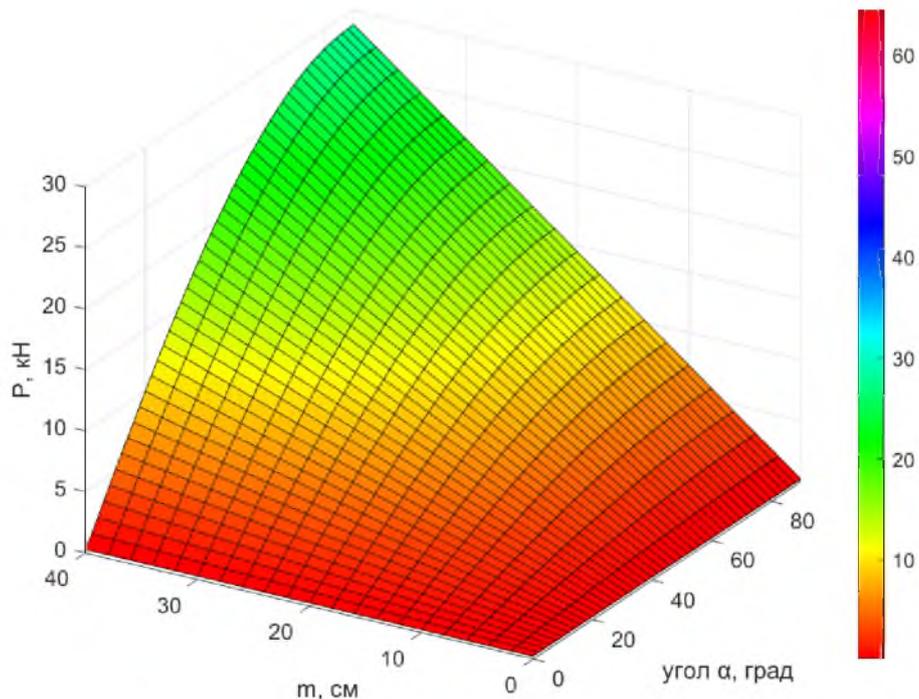


Рисунок 6 – Зависимость тягового усилия трактора от длины выхода штока гидроцилиндра и угла, под которым расположен гидроцилиндр к точке соединения

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в условиях использования тракторов на почвах с низкой несущей способностью опорного основания повысить сцепной вес для тракторов с колёсной формулой 4К2 возможно за счёт установки дополнительного устройства. Увеличение сцепного веса было достигнуто путём частичного перераспределения его с переднего неведущего моста на задний ведущий мост. Увеличение сцепного веса при использовании предлагаемого устройства для трактора класса 1,4 с колёсной формулой 4К2 (трактор МТЗ-80) составило 11,4 %.

#### Список источников

1. Comparative characteristics of undercarriage systems as criteria for selecting a power tool for risky farming zones / R. Surin [et al.] // E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023). 2023. Vol. 431. P. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101002. EDN: AXOZIN.
2. Application of multi-criteria in the selection of running systems for regional use of tractors in agriculture / R. Surin [et al.] // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference

«Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2022). 2023. Vol. 381. P. 01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202338101032. EDN: AKPDOD.

3. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Поликутина Е.С. Результаты экспериментальных исследований по определению влияния устройства для перераспределения сцепного веса на тяговые свойства и ходовую систему колёсного трактора // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 95-98. EDN: UMKOJJ.

4. Investigation of the motion parameters of technological complexes using a quaternion data fixation apparatus / S.Us [et al.] // E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023. 2023. Vol. 402. P. 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202340203002. EDN: MKOHKD.

5. Expanding the technological capabilities of energy facilities in the zones of «risk farming» / A.S. Vtornikov [et al.] // XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022». 2023. Vol. 574. P. 99-105. EDN: OIKKPM.

6. Иванов А.Б., Таркинский В.Е., Трубицын Н.В. Новый метод определения энергетических параметров работы машинно-тракторных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 10-15.

DOI: 10.33267/2072-9642-2020-9-10-15. EDN: CZXXIV.

7. Studies on Correction of the Trajectory of a Tractor Train / A. Kushnarev [et al.] // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022. Vol. 353. P. 28-35. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_4. EDN: VBOSII.

8. Improving the Efficiency of Wheel-Wheeling Machine-Tractor Units in Areas with Special Natural and Climatic Conditions / A. Slepnev [et al.] // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022. Vol. 353. P. 36-43. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_5. EDN: JWRGEN.

9. Influence of natural production conditions on efficient operation of wheel tractors / A.A. Shuravin [et al.] // *BIO Web of Conferences*. 2022. Vol. 42. P. 03003. DOI: 10.1051/bioconf/20224203003. EDN: RPKJZC.

10. Хафизов К.А., Халиуллин Ф.Х. Пути повышения эффективности использования машинно-тракторных агрегатов // *Техника и оборудование для села*. 2015. № 10. С. 20-22. EDN: UQFKLR.

11. ГОСТ 58656-219 Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. М.: Изд-во Стандартов, 2019. 24 с.

12. Пружинно-рычажный корректор сцепного веса колесного трактора: пат. 2613390 Рос. Федерация. № 2015140368 МПК В62D 53/04, А01В 59/04. / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов, Е.С. Поликутина; заявл. 22.09.2015; опубл. 16.03.2017. Бюл. № 8. 3 с. EDN: BDZНКC.

13. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сельскохозяйственных агрегатов / С.С. Ус [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 8. С. 147-154. DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. EDN: ZBRLHT.

14. Влияние догружающе-распределяющего модуля на технологические характеристики колесного транспортного агрегата / С.Н. Марков [и др.] // *Технический сервис машин*. 2022. № 1(146). С. 79-86. DOI: 10.22314/2618-8287-2022-60-1-79-86. EDN: KGUNVF.

15. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Поликутина Е.С. Повышение тягово-сцепных свойств колесного трактора класса 1,4 // *Научное обозрение*. 2015. № 11. С. 30-34. EDN: UJFESX.

## References

1. Surin R. et al. Comparative characteristics of undercarriage systems as criteria for selecting a power tool for risky farming zones. *E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023)*. 2023; (431): 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101002. EDN: AXOZIN.

2. Surin R. et al. Application of multi-criteria in the selection of running systems for regional use of tractors in agriculture. *E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2022)*. 2023; (381): 01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202338101032. EDN: AKPDOD.

3. Shchitov S.V., Kuznetsov E.E., Polikutina E.S. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy po opredeleniyu vliyaniya ustroystva dlya pereraspredeleniya stsepnogo vesa na tyagovye svoystva i khodovuyu sistemu kolesnogo traktora [Results of experimental studies to determine the influence of a device for redistributing adhesion weight on the traction properties and running system of a wheeled tractor]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2015; 29(10): 95-98. EDN: UMKOJJ. (In Russ).

4. Us S. et al. Investigation of the motion parameters of technological complexes using a quaternion data fixation apparatus. *E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023*. 2023; (402): 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202340203002. EDN: MKOHKD.

5. Vtornikov A.S. et al. Expanding the technological capabilities of energy facilities in the zones of «risk farming». *XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022»*. 2023; (574). 99-105. EDN: OIKKPM.

6. Ivanov A.B., Tarkivsky V.E., Trubitsyn N.V. Novyi metod opredeleniya energeticheskikh parametrov raboty mashinno-traktornykh agregatov [A new method for determining the energy parameters of machine and tractor units]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020; 9(279): 10-15. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-9-10-15. EDN: CZXXIV. (In Russ).

7. Kushnarev A. et al. Studies on Correction of the Trajectory of a Tractor Train. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022; (353): 28-35.

DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_4. EDN: VBOSII.

8. Slepnev A. et al. Improving the Efficiency of Wheel-Wheeling Machine-Tractor Units in Areas with Special Natural and Climatic Conditions. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022; (353): 36-43. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_5. EDN: JWR-GEN.

9. Shuravin A.A. et al. Influence of natural production conditions on efficient operation of wheel tractors. *BIO Web of Conferences*. 2022; (42): 03003. DOI: 10.1051/bioconf/20224203003. EDN: RPKJZC.

10. Khafizov K.A., Khaliullin F.Kh. Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornykh agregatov [Ways to improve the efficiency of using machine and tractor units]. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2015; (10): 20-22. EDN: UQFKLR. (In Russ).

11. GOST 58656-219 Tekhnika sel'skokhozyaistvennaya mobil'naya. Metody opredeleniya vozdeistviya dvizhitelei na pochvu [Mobile agricultural machinery. Methods for determining the impact of propulsion on the soil]. M.: Izdatel'stvo Standartov; 2019. (In Russ).

12. Pruzhinno-rychazhnyi korrektor stsepnogo vesa kolesnogo traktora [Spring-lever corrector of the adhesion weight of a wheeled tractor]: pat. 2613390 Ros.Federation / S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov, E.S. Polikutina. No 2015140368 МПК B62D 53/04, A01B 59/04. dec. 22 September 2015; publ. 16 March 2017. Bui. No 8. (In Russ).

13. Us S.S. et al. Primenenie sovremennykh tsifrovyykh priborov dlya fiksatsii parametrov dvizheniya sel'skokhozyaistvennykh agregatov [The use of modern digital instruments to record the movement parameters of agricultural implements]. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023; (8): 147-154. DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. EDN: ZBRLHT. (In Russ).

14. Markov S.N. et al. Vliyanie dogruzhayushche-raspredelayayushchego modulya na tekhnologicheskie kharakteristiki kolesnogo transportnogo agregata [The influence of the additional loading and distribution module on the technological characteristics of a wheeled transport unit]. *Machinery Technical Service*. 2022; 1(146): 79-86. DOI: 10.22314/2618-8287-2022-60-1-79-86. EDN: KGUNVF. (In Russ).

15. Shchitov S.V., Kuznetsov E.E., Polikutina E.S. Povyshenie tyagovo-stsepnyykh svoystv koles-

nogo traktora klassa 1,4 [Increasing the traction and grip properties of a class 1.4 wheeled tractor]. *Nauchnoe obozrenie*. 2015; (11): 30-34. EDN: UJFESX. (In Russ).

#### Информация об авторах

Е.С. Поликутина – кандидат технических наук; AuthorID 976828.

Е.Е. Кузнецов – доктор технических наук, доцент; AuthorID 772631.

С.В. Щитов – доктор технических наук, профессор; AuthorID 534354.

З.Ф. Кривуца – доктор технических наук, доцент; AuthorID 356759.

И.В. Бумбар – доктор технических наук, доцент; AuthorID 552396.

#### Information about the author

E.S. Polikutina – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 976828.

E.E. Kuznetsov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 772631.

S.V. Shchitov – Doctor of Technical Sciences, Professor; AuthorID 534354.

Z.F. Krivutsa – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 356759.

I.V. Bumbar – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 552396.

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 30.05.2024; approved after reviewing 05.06.2024; accepted for publication 13.06.2024.