

Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3 (51). С. 71–77
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2024; 3(51): 71–77

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.372

Код ВАК 4.3.1

EDN: YPCPOU

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИЦЕПНЫХ АГРЕГАТОВ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Елена Сергеевна Поликутина¹, Сергей Васильевич Щитов², Зоя Федоровна Кривуца³✉,
Павел Николаевич Школьников⁴, Денис Владимирович Ермаков⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

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

² shitov.sv1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>

³ zfk20091@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5345-1732>

⁴ pavel.shkolnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-3082>

⁵ denermakov00@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1374-4055>

Аннотация. Цель исследования – повышение эффективности использования прицепных почвообрабатывающих агрегатов за счёт увеличения тягово-сцепных свойств. При проведении экспериментальных исследований по определению эффективности использования прицепных сельскохозяйственных агрегатов за основу была взята методика в соответствии с ГОСТом 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы эксплуатационно-технологической оценки» [1]. Для определения силы воздействия прицепной машины на энергетическое средство (трактор) использовался тензометрический приборно-регистрационный комплекс. При установлении нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства, применялись переносные подкладные весы типа CAS RW-10 (15) Р. Эффективность использования машинно-тракторных агрегатов во многом определяется способностью энергетического средства создавать необходимое тяговое усилие на крюке. На основании ранее проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что повысить нагрузку на ведущие движители возможно за счёт использования специальных устройств, позволяющих задействовать часть нагрузки от навесных сельскохозяйственных орудий [2–6]. Кроме того, эксплуатируются прицепные агрегаты, которые способны догружать задние ведущие колёса трактора при установке специального устройства. Предлагаемое устройство позволяет применять часть силы сопротивления, создаваемого прицепной машиной для повышения сцепного веса, который при установке предлагаемого дополнительного устройства составил 10,7...11,5 %. На основании проведенных исследований была получена математическая зависимость, позволяющая оценить влияние силы сопротивления, создаваемой прицепной машиной, на производительность машинно-тракторного агрегата. Представленная аналитическая зависимость позволяет определить влияние силы сопротивления создаваемой прицепной сельскохозяйственной машиной, на касательную силу тяги энергетического средства.

Ключевые слова: прицепное сельскохозяйственное орудие, трактор, сила сопротивления, нагрузка, ведущие колёса, производительность, машинно-тракторный агрегат.

Для цитирования: Поликутина Е.С., Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Школьников П.Н., Ермаков Д.В. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3(51). С. 71–77. EDN: YPCPOU.

Scientific article

PERFORMANCE INCREASE OF TRAILED UNITS OF TILLAGE VEHICLES

Elena S. Polikutina¹, Sergey V. Shchitov², Zoya F. Krivutsa³✉, Pavel N. Shkolnikov⁴, Denis V. Ermakov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

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

² shitov.sv1955@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>

³ zfk20091@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5345-1732>

⁴ pavel.shkolnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-3082>

⁵ denermakov00@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1374-4055>

Abstract. The purpose of the study is to increase the efficiency of using trailed tillage units by increasing traction properties. When conducting experimental studies to determine the effectiveness of trailed agricultural units application, the methodology was taken as a basis in accordance with GOST 24055-2016 'Mobile agricultural machinery. Methods of operational and technological evaluation' [1]. A strain gauge instrument and registration complex was used to determine the impact force of a trailed unit on a power producing vehicle (tractor). When determining the load

on the vehicle propulsion system of the power producing vehicle, portable pad scales of the CAC RW-10 (15) P type were used. The effectiveness of using implement-and-tractor units is largely determined by the ability of the power producing vehicle to create a necessary traction force on the hook. Based on the previously conducted theoretical and experimental studies, it has been found that it is possible to increase the load on the driving wheels by using special devices that allow using part of the load from mounted agricultural implements [2–6]. In addition, the trailed units, which are used, are able to load the rear driving wheels of the tractor when a special device is mounted. The proposed device allows for using part of the drag force created by the trailed implement to increase the hitch weight. The increase in the hitch weight when installing the proposed additional device was 10.7...11.5%. Based on the conducted research, a mathematical dependence was obtained that allows for evaluating the effect of the drag force created by the trailed unit on the performance of the implement-tractor unit. The presented analytical dependence makes it possible to determine the effect of the drag force created by a trailed agricultural unit on the tangential thrust force of a power producing vehicle.

Keywords: trailed agricultural implement, tractor, resistance force, load, driving wheels, performance, implement-tractor unit.

For citation: Polikutina E.S., Shchitov S.V., Krivutsa Z.F., Shkolnikov P.N., Ermakov D.V. Performance increase of trailed units of tillage vehicles. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2024; 3(51): 71–77. EDN: YPCPOU. (In Russ).

Введение. В зависимости от функциональных требований использования машинно-тракторных агрегатов применяются различные критерии при оценке их эффективности. Одним из таких критериев является сила тяги на крюке энергетического средства, необходимая для буксирования различных орудий и механизмов при выполнении ими определённых сельскохозяйственных операций. В общем случае её можно характеризовать отношением избыточной силы тяги на крюке к весу машины, мощностью на крюке и эффективностью использования тягового усилия, что в конечном итоге влияет на производительность машинно-тракторных агрегатов (МТА) (рисунок 1).

Анализируя факторы, определяющие влияние на производительность МТА, можно отметить, что повысить её возможно за счёт:

- увеличения тягового усилия на крюке энергетического средства;
- снижения силы сопротивления сельскохозяйственной машины.

Улучшить тяговое усилие на крюке энергетического средства возможно:

- повышением нагрузки, приходящейся на ведущие движители энергетического средства [7–13];
- использованием силы сопротивления сельскохозяйственной машины на увеличение тягового усилия [14–16].

Увеличение тягового усилия путём частичного использования силы сопротивления, создаваемой прицепной машиной, за счёт установки дополнительного устройства, является чрезвычайно актуальным, т. к. в конечном итоге способствует повышению производительности МТА.

Материалы и методы. При определении силы сопротивления создаваемой прицепной машиной применялся тензометрический приборно-регистрационный комплекс. Для регистрации нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства, использовались переносные подкладные весы типа CAS RW-10 (15) P. Объектом исследований был выбран МТА (трактор МТЗ 80+ дисковая борона БДТ-3) (рисунок 2) с установленным устройством позволяющим частично перерас-

пределить часть силы сопротивления создаваемого прицепной машиной на ведущие задние ведущие колёса трактора.

Для обеспечения работы любого МТА должно выполняться условие

$$F_{\text{из}} > P_{\text{кр}} - P_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{из}}$ – избыточная сила тяги на крюке, Н;

$P_{\text{кр}}$ – тяговое усилие на крюке, Н;

$P_{\text{с}}$ – результирующая сила сопротивления, создаваемая с.х машиной, Н.

Тяговое усилие, развиваемое энергетическим средством на крюке, по сцеплению с почвой можно определить по выражению [17]

$$P_{\text{кр}} = \varphi G_{\text{сц}} - P_f, \quad (2)$$

где φ – коэффициент использования сцепного веса;

$G_{\text{сц}}$ – сцепной вес, Н;

P_f – сила сопротивления движению, Н.

Исходя из выражения (2) уравнение (1) примет вид

$$F_{\text{из}} > \varphi G_{\text{сц}} - P_f - P_{\text{с}}. \quad (3)$$

Анализируя выражение (3), можно отметить, что избыточная сила тяги, обеспечивающая движение МТА, во многом определяется реализацией сцепного веса, приходящегося на ведущие движители энергетического средства. С целью увеличения сцепного веса, приходящегося на ведущие колёса, нами было разработано устройство, позволяющее частично увеличивать сцепной вес на задние колёса трактора за счёт использования силы сопротивления, создаваемой прицепной машиной.

Проведённые исследования позволили получить зависимость дополнительной нагрузки и касательной силы тяги по сцеплению с почвой с учетом перераспределения частичной нагрузки от силы сопротивления, создаваемой сельскохозяйственной машиной, для трактора с колёсной формулой 4К2

$$G_{\text{Д}} = P_{\text{кр}} \left[\frac{(L - a) H t g \alpha + h_{\text{п}} h_{\text{с}}}{L h_{\text{с}}} \right], \quad (4)$$

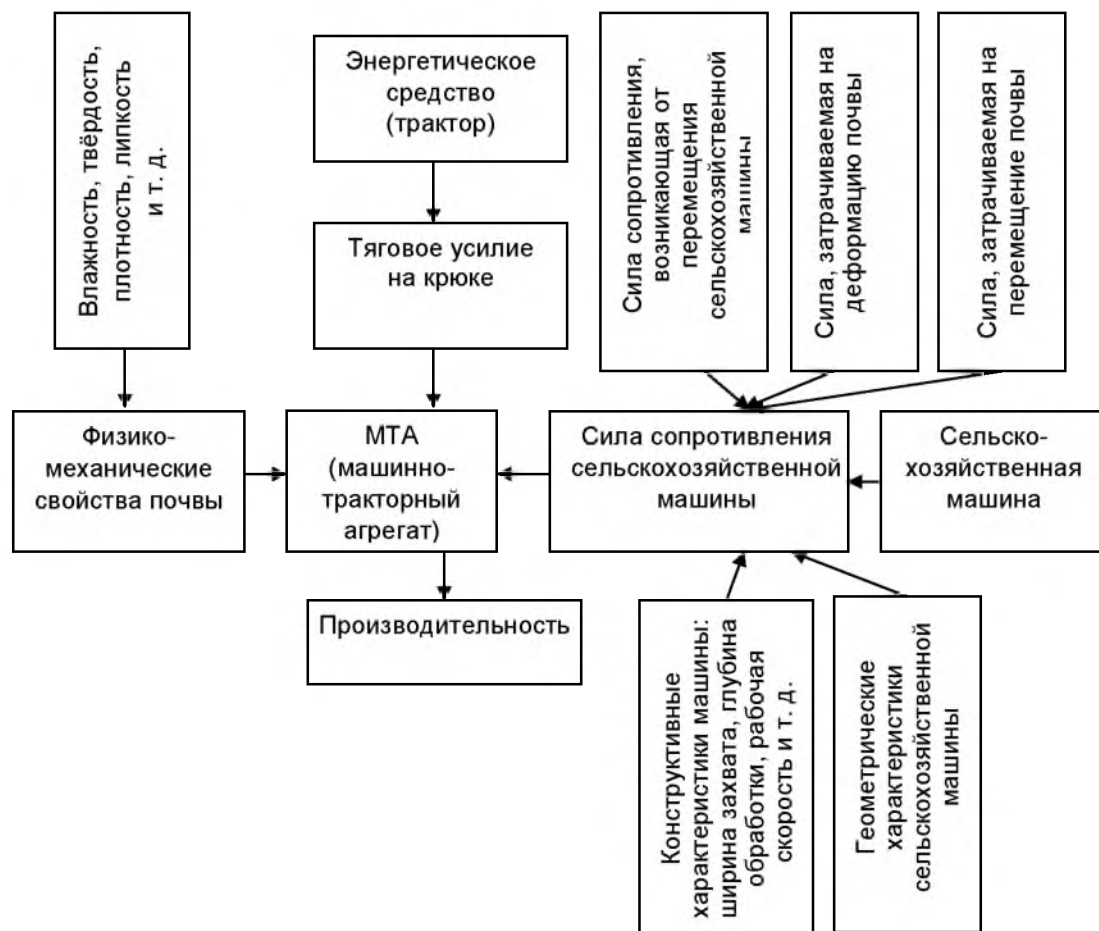


Рисунок 1 – Основные факторы, определяющие производительность (эффективность) работы МТА



Рисунок 2 – Объект исследований МТА (трактор МТЗ 80+ дисковая борона БДТ-3)

и

$$P_k = \varphi \left[\frac{(L - a)G_{сц}}{L} + P_{кр} \frac{(L - a)Htg\alpha + h_n h_c}{Lh_c} \right], (5)$$

где H – расстояние между нижними тягами навески трактора и точкой соединения сельскохозяйственной машины, м;

α – угол, под которым сила сопротивления прицепной сельскохозяйственной машины передается трактору, град;

h_n – габаритный размер верхней стойки устройства, м;

h_c – расстояние от точки крепления навесной машины к устройству и основанием, по которому движется прицепная машина, м;

L – расстояние между реакциями опор энергетического средства (продольная база), м;

a – продольная координата центра тяжести энергетического средства, м.

Как видно из выражения (5), за счёт частичного использования силы сопротивления, создаваемой прицепной сельскохозяйственной машиной, касательная сила тяги возрастает из-за увеличения сцепного веса, приходящегося на задние ведущие колёса. В связи с этим увеличивается избыточная сила тяги на крюке, что позволит повысить производительность МТА путём роста скорости движения или увеличения ширины захвата.

$$F_{из} > \varphi \left[\frac{(L - a)G_{сц}}{L} + P_{кр} \frac{(L - a)Htg\alpha + h_n h_c}{Lh_c} \right] - P_f - P_c. (6)$$

Для проверки полученных теоретических предпосылок были проведены экспериментальные исследования с трактором МТЗ-80 и боронной БДТ-3 (рисунок 3) по определению изменения сцепного веса при установке предлагаемого устройства.

Они показали, что за счёт частичного использования силы сопротивления, создаваемой прицепной сельскохозяйственной машиной, произошло увеличение сцепного веса с 24,6 кН до 27,4 кН.

Результаты исследований и их обсуждение. Для наглядного анализа зависимости касательной силы тяги от силы сопротивления, создаваемой прицепной сельскохозяйственной машиной, на рисунке 4 представлена графическая зависимость одновременного влияния изменения угла, под которым сила сопротивления прицепной сельскохозяйственной машины передается трактору и габаритного размера верхней стойки устройства на касательную силу тяги.

Анализ представленной графической зависимости (рисунок 4) позволяет сделать следующее заключение:

– при изменении угла в диапазоне от 2 до 16 град, под которым сила сопротивления прицепной сельскохозяйственной машины передается трактору, произошло увеличение касательной силы тяги до 27,7 кН;

– при изменении габаритного размера до 0,76 м возможно повысить касательную силу тяги до 28,8 кН.

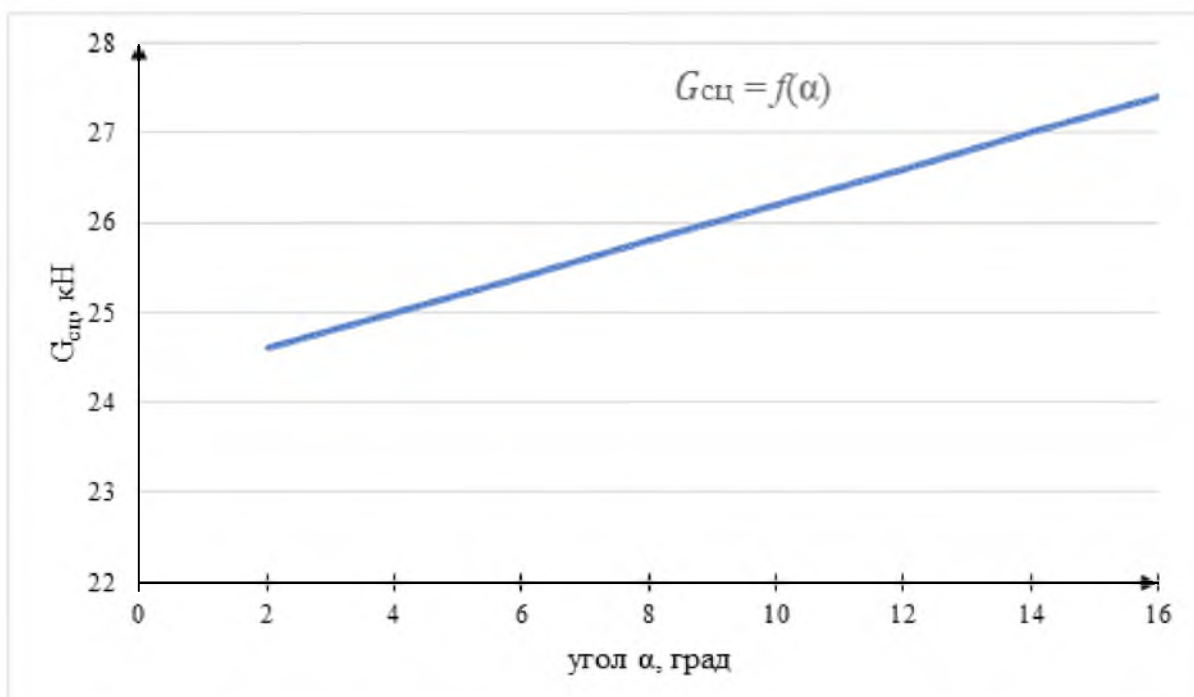


Рисунок 3 – Зависимость сцепного веса от угла, под которым сила сопротивления прицепной машины передается трактору

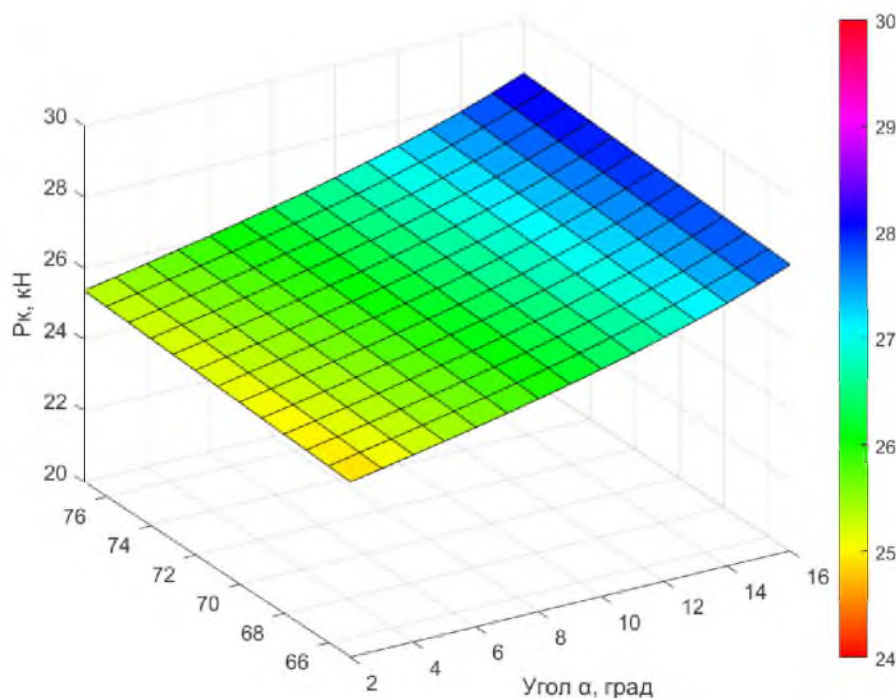


Рисунок 4 – Зависимость касательной силы тяги от угла, под которым сила сопротивления прицепной сельскохозяйственной машины передается трактору

Таким образом, можно утверждать, что предлагаемое устройство по использованию силы сопротивления, создаваемой прицепным сельскохозяйственным орудием, в конечном итоге позволяет повысить эффективность при бороновании:

– при увеличении касательной силы тяги возрастает производительность. Как показали проведенные исследования, производительность МТА (МТЗ-80 и БДТ-3 с установленным устройством) при бороновании возросла в час основного рабочего времени на 14,6 % по сравнению с МТА (МТЗ-80 и БДТ-3 работающим в серийном варианте);

– увеличение нагрузки на ведущие колеса позволило снизить затраты мощности на буксование с 15,2 % до 10,15 %;

– уменьшить техногенное воздействие на почву за счёт снижения величины буксования вследствие повышения тягово-сцепных свойств трактора;

– использование МТА (МТЗ-80 и БДТ-3 с установленным устройством) на бороновании позволяет снизить энергетические затраты на 132,93 МДж/га по сравнению с серийным вариантом.

Заключение. На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что предлагаемое устройство позволяет повысить нагрузку на задние ведущие колёса трактора за счёт частичного использования силы сопротивления, создаваемой прицепной сельскохозяйственной машиной. Повышение сцепного веса при установке предлагаемого дополнительного устройства составило 10,7... 11,5 %.

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что предлагаемое устройство позволяет повысить нагрузку на задние ведущие колёса трактора за счёт частичного использования силы сопротивления, создаваемой прицепной почвообрабатывающей машиной. Повышение сцепного веса при установке предлагаемого дополнительного устройства составило 10,7... 11,5 %.

Список источников

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

2. 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.

3. Surin R., Shchitov S., Kuznetsov E., Evdokimov V. Raising the efficiency of using tillage machines based on a semi-frame tractor // AIP conference proceedings: PROCEEDINGS OF THE IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERNIZATION, INNOVATIONS, PROGRESS: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. 2024. P. 030002. DOI: 10.1063/5.0196715. EDN: GVJEVK.

4. 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.

5. 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. P. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101002. EDN: AXOZIN.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. Повышение тягового усилия, развиваемого колёсным энергетическим средством, на почвах с высокой степенью липкости / Р.О. Сурин [и др.] // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2023. № 64. С. 48-52. EDN: VUFEVT.

11. 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.

12. Направления исследований для снижения силы сопротивления движению колёсного энергетического средства / Е.В. Маршанин [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 7. С. 147-152. DOI: 10.28983/asj.y2023i7pp147-152. EDN: BMXJJE.

13. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сель-

скохозяйственных агрегатов / С.С. Ус [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 8. С. 147-154. DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. EDN: ZBRLHT.

14. Optimization of the width of the transportation corridor of tractor trains for agricultural purpose / A.N. Kushnarev [et al.] // *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference*. 2021. Vol. 262. P. 01004. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201004. EDN: GOXSUL.

15. Оптимальные параметры трактора и пахотного агрегата по различным критериям оптимизации / К.А. Хафизов [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 1. С. 155-160. DOI: 10.28983/asj.y2023i1pp155-160. EDN: ZIUWJV.

16. 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.

17. Скотников В.А., Мащенко А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 383 с.

References

1. GOST 58656-219 *Tekhnika sel'skokhozyaistvennaya mobil'naya. Metody opredeleniya vozdeistviya dvizhitelei na pochvu [Agricultural mobile machinery. Methods for determining the impact of movers on the soil]*. Moscow: Izdatel'stvo standartov; 2019: 24. (In Russ).

2. Markov S.N. et al. Vliyanie dogruzhayushche-raspredelayushchego modulya na tekhnologicheskie kharakteristiki kolesnogo transportnogo agregata [The influence of the 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).

3. Surin R., Shchitov S., Kuznetsov E., Evdokimov V. Raising the efficiency of using tillage machines based on a semi-frame tractor. *AIP conference proceedings: PROCEEDINGS OF THE IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERNIZATION, INNOVATIONS, PROGRESS: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022*. 2024: 030002. DOI: 10.1063/5.0196715. EDN: GVJEVK.

4. 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 the adhesion weight on the traction properties and running gear of a wheeled tractor]. *Achievements*

of science and technology in agro-industrial complex. 2015; 29(10): 95-98. EDN: UMKOJJ. (In Russ).

5. 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; 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101002. EDN: AXOZIN.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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: JWRGEN.

10. Surin R.O. et al. Povyshenie tyagovogo usiliya, razvivaemogo kolesnym energeticheskim sredstvom, na pochvakh s vysokoi stepen'yu lipkosti [Increasing the traction force developed by a wheeled power vehicle on soils with a high degree of stickiness]. Izvestiya Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya. 2023; (64): 48-52. EDN: VUF EVT. (In Russ).

11. 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).

12. Marshanin E.V. et al. Napravleniya issledovaniy dlya snizheniya sily soprotivleniya dvizheniyu kolesnogo energeticheskogo sredstva [Research Directions for Reducing the Force of Resistance to the Movement of Wheeled Power Vehicles]. The Agrarian Scientific Journal. 2023; (7): 147-152. DOI: 10.28983/asj.y2023i7pp147-152. EDN: BMXJJE. (In Russ).

13. Us S.S. et al. Primenenie sovremennykh tsifrovyykh priborov dlya fiksatsii parametrov dvizheniya sel'skokhozyaistvennykh agregatov [Applica-

tion of modern digital devices for recording the parameters of movement of agricultural units]. The Agrarian Scientific Journal. 2023; (8): 147-154. DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. EDN: ZBRLHT. (In Russ).

14. Kushnarev A.N. et al. Optimization of the width of the transportation corridor of tractor trains for agricultural purpose. Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021; (262): 01004. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201004. EDN: GOXSUL.

15. Khafizov K.A. et al. Optimal'nye parametry traktora i pakhotnogo agregata po razlichnym kriteriyam optimizatsii [Optimal parameters of the tractor and plowing unit according to various optimization criteria]. The Agrarian Scientific Journal. 2023; (1): 155-160. DOI: 10.28983/asj.y2023i1pp155-160. EDN: ZIUWJV. (In Russ).

16. 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.

17. Skotnikov V.A., Mashensky A.A., Solonsky A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Basics of the theory and calculation of a tractor and a car]. Moscow: Agropromizdat; 1986: 383. (In Russ).

Информация об авторах

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

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

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

П.Н. Школьников – доктор технических наук, доцент; AuthorID 1126661.

Д.В. Ермаков – аспирант; AuthorID 1156531.

Information about the author

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

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

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

P.N. Shkolnikov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 1126661.

D.V. Ermakov – Postgraduate Student; AuthorID 1156531.

Статья поступила в редакцию 16.07.2024; одобрена после рецензирования 19.08.2024; принята к публикации 03.10.2024.

The article was submitted 16.07.2024; approved after reviewing 19.08.2024; accepted for publication 03.10.2024.