

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.1. Технологии, машины и оборудование
для агропромышленного комплекса

Научная статья
УДК 631.372:629.114.2
doi: 10.28983/asj.y2024i12pp156-163

**Экспериментальные исследования технико-эксплуатационных показателей
колесного энергетического средства в производственных условиях**

**Евгений Владимирович Маршанин, Андрей Валентинович Михайлов,
Алексей Александрович Бутенко, Евгений Евгеньевич Кузнецов**
Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище, г. Благовещенск, Россия
e-mail: marshaninev@mail.ru

Аннотация. При работе машинно-тракторных агрегатов одним из основных показателей, влияющих на его производительность, является касательная сила тяги, развиваемая движителями энергетического средства. При этом необходимо отметить, что на ее величину большое влияние оказывает состояние поверхности, по которой движется рассматриваемое энергетическое средство. Иными словами, касательная сила тяги непосредственно зависит от физико-механических свойств почвенного слоя поверхности движения. Отмечено, что при движении колесного энергетического средства на переувлажненных глинистых и тяжелых суглинистых почвах наблюдается отрицательный эффект, выраженный в полном залипании движителя почвой, что влечет потерю хода агрегата и увеличение техногенного воздействия на плодородный слой. Для устранения налипшего почвенного слоя приводятся результаты экспериментальных исследований колесного трактора типа МТЗ, оборудованного вычищающим устройством, позволяющим стабилизировать тяговые и мощностные характеристики трактора в условиях повышенной влажности и липкости почвы.

Ключевые слова: колесный трактор; полевые работы; залипание; протектор; вычищение; мощность; эффективность

Для цитирования: Маршанин Е. В., Михайлов А. В., Бутенко А. А., Кузнецов Е. Е. Экспериментальные исследования технико-эксплуатационных показателей колесного энергетического средства в производственных условиях // Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 156–163. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp156-163>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Experimental studies of the technical and operational parameters
of wheeled power equipment in production conditions**

Evgeny V. Marshanin, Andrey V. Mikhailov, Alexey A. Butenko, Evgeny E. Kuznetsov
Far Eastern Higher Combined Arms Command School, Blagoveshchensk, Russia
e-mail: marshaninev@mail.ru

Abstract. When operating machine-tractor aggregates, one of the main indicators affecting its performance is the tangential thrust force developed by the propellers of an energy vehicle. At the same time, it should be noted that its value is greatly influenced by the state of the surface along which this energy medium moves. In other words, the tangential thrust force directly depends on the physical and mechanical properties of the soil layer of the movement surface. It is noted that when a wheeled power vehicle moves along waterlogged clay and heavy loamy soils, a negative effect is observed, expressed in complete sticking of the propellant by the soil, which leads to a loss of movement of the unit and an increase in man-made effects on the fertile layer. To eliminate the stuck soil layer there are the results of experimental studies of a wheeled tractor of the MTZ type, equipped with a cleaning device that allows to stabilize the traction and power characteristics of the tractor in conditions of high humidity and stickiness.

Keywords: wheeled tractor; field work; sticking; tread; cleaning; power; efficiency

For citation: Marshanin E. V., Mikhailov A. V., Butenko A. A., Kuznetsov E. E. Experimental studies of technical and operational parameters of wheeled power equipment in production conditions. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(12):156–163. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp156-163>.



Введение. Современный период развития сельского хозяйства Российской Федерации характеризуется нестабильностью производства, обусловленного ослаблением покупательной способности внутренней валюты, санкционным давлением и разрывом экономических связей с недружественными государствами, негативными тенденциями в логистике поставок техники иностранного производства и запасных частей к ней, что напрямую повлияло на экономическую эффективность сельскохозяйственных работ и снизило эксплуатационные показатели вследствие установки некондиционных или неоригинальных деталей и агрегатов [2, 20, 21].

Повышению эффективности при стабилизации движения сельскохозяйственных комплексов и формирования агрегатов на основе результатов опытных исследований посвящены работы Ванки Чо [24], П. Больцерн [22].

Как известно, основными направлениями использования колесных энергетических средств в сельском хозяйстве являются транспортные и полевые работы [3, 13]. При их проведении к тракторам применяются различные технико-эксплуатационные показатели, формирующие критерии эффективности агрегатов [7, 17].

В Амурской области почвенные условия представлены в основном лесными и лугово-черноземовидными суглинистыми почвами, что при переувлажнении поверхности движения приводит к полному залипанию протектора и грунтозацепов движителя почвой. Залипание приводит к снижению рабочей скорости движения и нередко к полному буксованию. Учитывая, что Амурская область относится к зонам рискованного земледелия, где почвенные условия представлены в основном глинистыми и тяжелыми суглинистыми почвами, обладающими максимальным коэффициентом липкости при повышенной влажности вследствие своей бесструктурности и содержания большого количества мелких частиц диаметром менее 0,01 мм, одними из основных величин, характеризующими движение колеса в условиях его перекатывания по почвам с низкой несущей способностью, являются прилипание и трение [1, 4, 11, 14–16].

В этом случае машинно-тракторный агрегат (МТА), как это происходило в период затоплений и проливных дождей 2019 и 2023 г., используется в связи с производственной необходимостью в условиях повышенной влажности для проведения особо важных работ, в частности, срочной уборки овощных культур. При полном забивании протектора почвенными массами (см. рисунок 1) опорная и боковая поверхности колеса не могут полностью контактировать с почвой в связи с невозможностью работы грунтозацепов. Это приводит к снижению общей касательной силы тяги, развиваемой энергетическим средством. На данном уровне технических достижений и действующих патентов предлагается определенное количество технических решений. Так, ранее предлагалось установить в ходовую систему колесного энергетического средства торсионно-тросовый очиститель [19] – запатентованное устройство, обладающее конструктивной новизной (см. рисунок 2).



Рисунок 1 – Примеры забивания протектора колеса трактора

Figure 1 – Examples of sticking the tread of a tractor wheel





Рисунок 2 – Опытный торсионно-тросовый очиститель протектора колесного движителя

Figure 2 – Experimental torsion cable cleaner of the tread of a wheel propeller

Предложенное устройство было внедрено в ряде сельхозпредприятий и показало высокую эффективность как при транспортных работах в составе тракторно-транспортного агрегата, так и на полевых работах в составе бороновального МТА. Вместе с тем в процессе производственного применения получены данные о том, что предлагаемое устройство обладает как положительными характеристиками, так и явными недостатками.

Существенным недостатком конструкции устройства является то, что вследствие перекатывания колесного движителя и его упирания в рабочую поверхность тросовых очистителей происходит не только неравномерное вычищение рисунка протектора, но и повреждение протектора колеса вследствие царапания тросовых очистителей при всех режимах движения при длительном использовании трактора.

Повысить трение в звене движитель-почва, снизить эффект почвенного залипания протектора движителя и увеличить тягово-сцепные свойства энергетического средства и проходимость возможно за счет максимального очищения рисунка протектора колесного движителя энергетического средства в движении с помощью новых конструкторских решений, а именно установкой в ходовой системе и на элементах трактора устройств для пурификации (вычищения) протектора шины колесного движителя.

Для устранения налипшего почвенного слоя предлагается установить комбинированный очиститель протектора колесного движителя [6] (см. рисунок 3) и провести исследования по определению его эффективности в производственных условиях по основным технологическим параметрам трактора: крюковому усилию и распределению мощностного баланса.



Рисунок 3 – Комбинированный очиститель протектора колесного движителя

Figure 3 – Combined wheel propeller tread cleaner



Целью исследования является повышение эффективности использования колесных энергетических средств (на базе трактора) за счет улучшения реализации тягово-сцепных свойств.

Материалы и методы. Как известно, одной из наиболее значимых характеристик является развиваемая касательная сила тяги трактора P_k , которая в общем случае равна

$$P_k = P_{кр} + P_f \quad (1)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие энергетического средства (трактора), кН; P_f – сила сопротивления движению колесного энергетического средства (трактора), кН.

При этом тяговое усилие, развиваемое энергетическим средством на почвах, обладающих повышенной липкостью P_l , будет определяться выражением

$$P_{кр} = P_k - (P_f + P_l). \quad (2)$$

Таким образом, липкость почвы снижает тяговое усилие, которое может реализовать колесный движитель энергетического средства.

В рассматриваемом случае с учетом воздействия липкости также необходимо рассмотреть процесс формирования тягового усилия трактора в соотношении с величинами, характерными для условий нормальной влажности, для чего введем коэффициент стабилизации тягового усилия $K_{ст}$ и рассмотрим получаемые параметры. Примененный коэффициент позволит оценить эффективность установленного вычищающего устройства в сравнении с параметрами серийного трактора в условиях нормальной влажности и параметрами серийного трактора в условиях повышенной влажности.

Тяговое усилие трактора в условиях нормальной влажности $P_{кр}$ будет определяться, исходя из формулы (2).

Таким образом, учитывая теоретическое снижение величин для экспериментального трактора, его тяговое усилие $P_{крэ}$ может быть рассчитано по формуле

$$P_{крэ} = K_{ст}(P_k - (P_f + P_l)), \quad (3)$$

где $K_{ст} = \frac{P_{крэ}}{P_{кр}} \leq 1$, при этом $K_{ст}$ трактора в условиях нормальной влажности принимается равным 1, при условии

$$K_{стэ} > K_{стет}, \quad (4)$$

где $K_{стэ}$ – коэффициент стабилизации тягового усилия для трактора с установленным устройством в условиях повышенной влажности; $K_{стет}$ – коэффициент стабилизации тягового усилия для серийного трактора в условиях повышенной влажности.

Применение предлагаемого соотношения выбрано эмпирически, учитывая необходимость обоснования изменения тягового усилия с учетом устанавливаемого вычищающего устройства.

Принимая во внимание ранее полученные в [12] уравнения и используя формулу для формирования касательной силы тяги

$$P_k = G'_k \varphi, \quad (5)$$

получаем следующие значения для показателей формулы (3):

$$P_{крэ} = K_{стэ} \left((c_{гб} \sqrt{2r'_{ж}} \left(1 - \frac{\mu}{3} \right) \left(h_{г'}^{\mu+\frac{1}{2}} + h_{г\gamma}^{\mu+\frac{1}{2}} \right) \frac{(c_{г} h_{г'}^{\mu} \operatorname{tg} \varphi_0 + c_0) F_{г}}{G'_k} - \left((G'_k C_1 \sqrt[3]{\frac{G'_k}{p_{ш} D^2}} + C_2 \sqrt[3]{\frac{p_{ш}}{c_{г} D}}) \cdot P_l \right) \right) \quad (6)$$

для экспериментального агрегата с учетом механических свойств почвы и геометрических характеристик колеса.

Результаты исследований. На основании данных, полученных в результате экспериментальных исследований [9] и проведенного регрессионно-дисперсионного анализа материалов, подтверждается, что установка устройства предлагаемой конструкции позволяет в значительной мере стабилизировать тяговое усилие и распределение крутящей мощности серийного агрегата (см. рисунки 4 и 5).



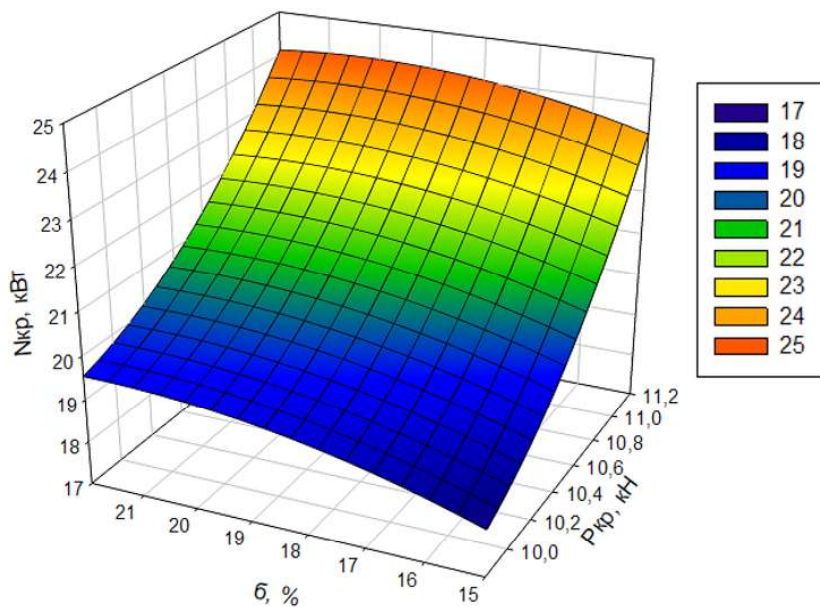


Рисунок 4 – 3D-модель взаимодействующих факторов (серийный агрегат)

Figure 4 – 3D model of interacting factors (commercial aggregate)

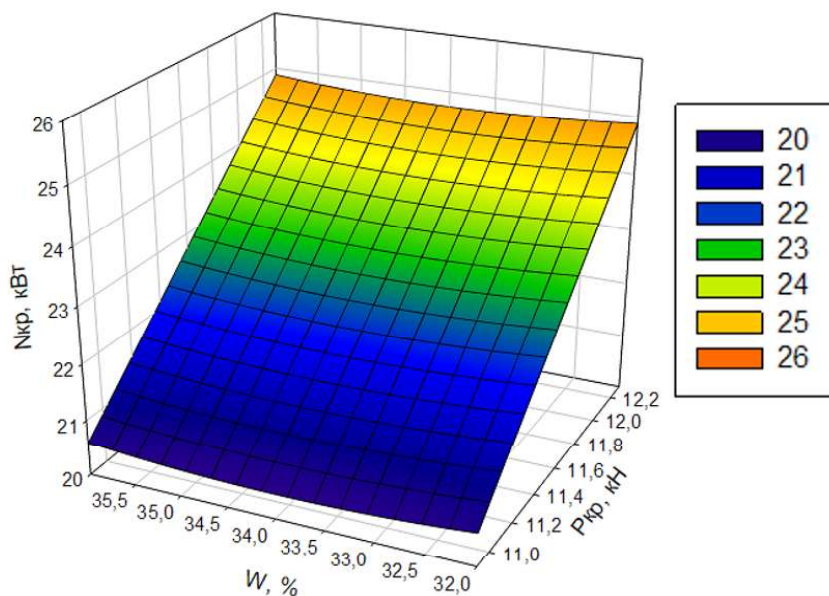


Рисунок 5 – 3D-модель взаимодействующих факторов (экспериментальный агрегат)

Figure 5 – 3D model of interacting factors (experimental aggregate)

Полученные значения коэффициентов стабилизации представлены в виде диаграммы на рисунке 6.

При введенном коэффициенте $K_{ст} = 1$ для серийного трактора во время движения в условиях нормальной влажности коэффициент для трактора с устройством для очистки движителя во время движения в условиях повышенной влажности составил $K_{стг} = 0,9$; коэффициент для серийного трактора при движении в условиях повышенной влажности составил $K_{стг} = 0,77$. Таким образом, исследованные показатели позволяют прогнозировать тяговые и мощностные характеристики колесного неполноприводного универсально-пропашного трактора при выполнении необходимых сельскохозяйственных работ в условиях повышенной почвенной влажности.

Также были получены производственные результаты, позволяющие определить параметры зависимости крюкового усилия исследуемых агрегатов от показателей влажности, представленных в виде графика на рисунке 7.



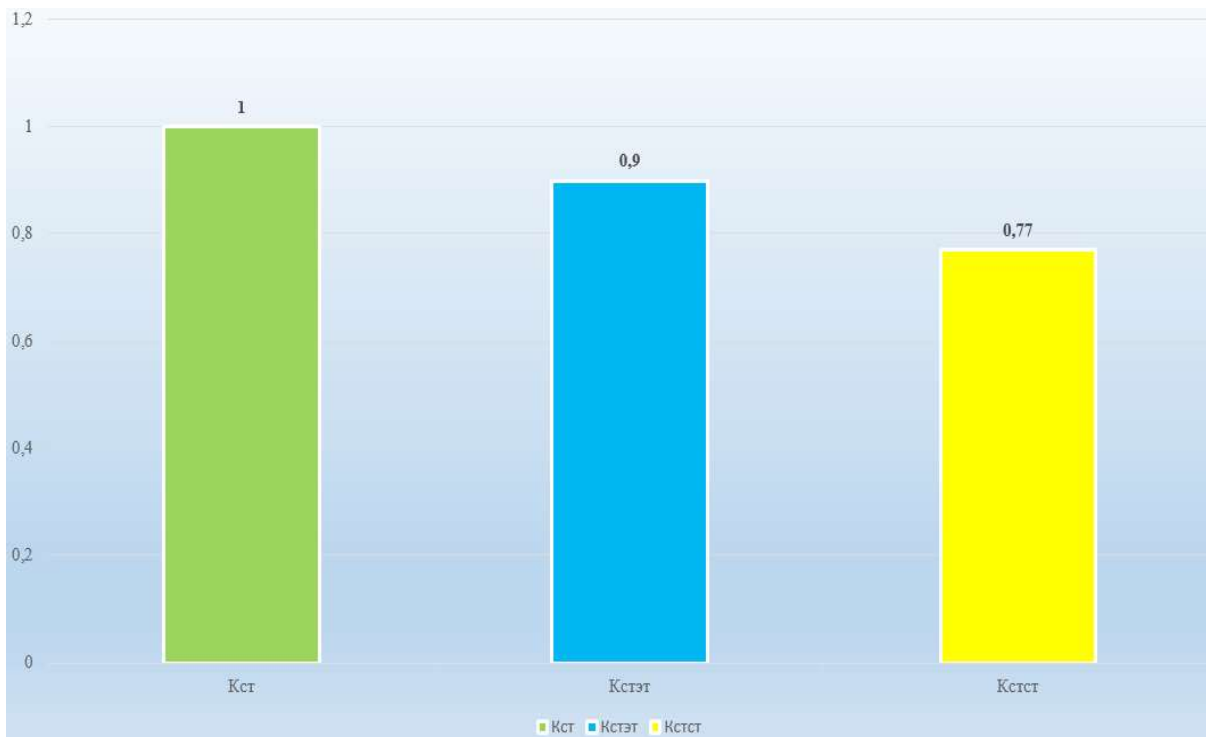


Рисунок 6 – Значения коэффициентов стабилизации для исследуемых агрегатов

Figure 6 – Values of stabilization coefficients for the studied aggregates

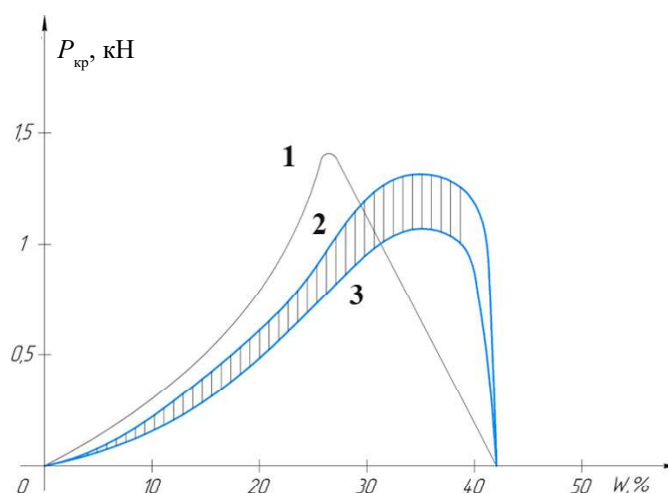


Рисунок 7 – Значения крюкового усилия от показателей влажности почвы:

- 1 – серийный агрегат в условиях нормальной влажности почвы (26 %);
- 2 – экспериментальный агрегат с вычищающим устройством в условиях повышенной влажности;
- 3 – серийный агрегат в условиях повышенной влажности

Figure 7 – Draught force values from soil moisture indicators:

- 1 – commercial aggregate in conditions of normal soil moisture (26 %);
- 2 – experimental aggregate with a cleaning device in conditions of high humidity;
- 3 – commercial aggregate in conditions of high humidity

Заключение. Проведенные исследования показали, что использование трактора с установленным устройством позволяет снизить величину буксования по сравнению с серийным агрегатом. Анализ кривых приведенного графика показывает, что крюковое усилие серийного трактора возрастает до достижения влажности почвы 26 % и начинает понижаться до достижения полного буксования и потери движения при 42 % влажности, крюковое усилие экспериментального агрегата с вычищающим устройством стабилизировано на уровне 12,5 кН до 38 % влажности с переходом к полному буксованию при 42 % влажности, т.к. наблюдается полное залипание как колеса, так и предлагаемого устройства, при этом серийный трактор при 36 % влажности не смог развить тяговое усилие более 11,2 %. Таким образом, трактор с комбинированным очистителем





протектора колесного движителя способен осуществлять полевые работы на почвах с повышенной влажностью до 38 % с потерей крюкового усилия на 13,3 % в сравнении с показателями серийного агрегата в условиях нормальной влажности.

Приведенные результаты подтверждают эффективность предлагаемого вычищающего устройства и обосновывают параметры распределения мощности в силовом контуре агрегата.

Полученные данные, в сравнении с ранее представленными авторами результатами [5, 8, 10, 19, 23], позволяют сделать обоснованный вывод о том, что устройство предлагаемой к промышленному производству конструкции, предназначенное для вычищения протектора колесного движителя в ходе выполнения работ, является оригинальной и высокоэффективной разработкой, реализующей перспективные идеи и формирующей направления для дальнейших исследований в области эффективности работы средств механизации в агропромышленном комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 104 с.
2. Алдошин Н. В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 3. С. 5–7.
3. Бережнов Н. Н., Понимасов К. В., Кожабеков Е. В. Анализ эффективности способов повышения тягово-сцепных качеств и агротехнических показателей колесных тракторов // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: матер. IX Национальной науч.-практич. конф. с междунар. участием. Кемерово, 29 декабря 2022 года. 2022. С. 89–97.
4. Голов Г. В. Почвы и экология агрофитоценозов Зейско-Буреинской равнины. Владивосток: Дальнаука, 2001. 162 с.
5. Гуськов Ю. А. Совершенствование сборочно-транспортного процесса и технических средств на заготовке грубых кормов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск. 2007. 211 с.
6. Комбинированный очиститель протектора колесного движителя: патент № 2795837 Российская Федерация / Е. В. Маршанин; заявл. 15.02.2023; опубл. 12.05.2023.
7. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2017. 272 с.
8. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Расширение функциональных возможностей колесной энергетики // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1(57). С. 87–98.
9. Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Направления исследований для снижения силы сопротивления движению колесного энергетического средства // Аграрный научный журнал. 2023. № 7. С. 147–152.
10. Обоснование выбора оптимального маршрута транспортировки зерна при внутрихозяйственных перевозках / А. С. Степашкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 141–149.
11. Онищук В. С., Панасюк А. Н. Комплексная характеристика почвенных ресурсов равнинных ландшафтов Приамурья. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2010. 324 с.
12. Повышение тягово-сцепных свойств колесного энергетического средства на почвах с высоким коэффициентом липкости / Маршанин Е. В. [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 83–87.
13. Раднаев Д. Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2011. № 1(22). С. 71–75.
14. Ревут Б. И. Физика почв. Л.: Колос, 1972. 368 с.
15. Сергеев Е. М. Инженерная геология, 3-е изд., стереотип., перепеч. со 2-го изд. 1982. М., 2011. 248 с.
16. Система земледелия Амурской области / под общ. ред. П. В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2016. 574 с.
17. Снижение энергозатрат мобильных энергетических средств за счет использования догружающих устройств / С. В. Щитов [и др.] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2023. № 1. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/4/st_406.doc.
18. Современные тенденции развития техники АПК / В. А. Шахов [и др.] // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург, 2023. С. 71–73.
19. Торсионно-тросовый очиститель протектора колесного движителя: патент № 164615 Российская Федерация / С. В. Щитов [и др.]; заявл. 24.02.2016; опубл. 10.09.2016.
20. Шишлов С. А., Редкокашин А. А., Шапарь М. С. Качественная предпосевная обработка почвы и посев – залог высокого урожая сои // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 23–27.
21. Belyaev V. I., Fruhauf M., Mainel T. Ecological consequences of conversion of steppe to arable land in Western Siberia // Europa Regional. 2004. Vol. 1, No. 4. P. 13–21.
22. Bolzern P., DeSantis R., Locatelli A., Masciocchi D. Pathtracking for articulated vehicles with off-axle hitching // IEEE Transactions on Control Systems Technology. 1998. Vol. 6. No. 4. P. 515–523.

23. Increasing the shallowness of the wheeled tractors / Shchitov S. V. et al. // Journal of Mechanical Engineering. 2018. Vol. 41. No. 2. P. 31–34. Available at: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31-34.pdfnull>.

24. Unified Chassis Control for the Improvement of Agility, Maneuverability, and Lateral Stability / Wanki Cho et al. // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2012. Vol. 61. No. 3. P. 1008–1029.

REFERENCES

1. Agro-climatic resources of the Amur region. Leningrad, 1973. 104 p.
2. Aldoshin N. V. Stability of technological processes in crop production. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2007;(3):5–7. (In Russ.).
3. Berezhnov N. N., Ponimasov K. V., Kozhabekov E. V. Analysis of the effectiveness of methods for improving traction qualities and agrotechnical indicators of wheeled tractors. *Actual Scientific and Technical Means and Agricultural Problems: Proceedings of the IX National Scientific and Practical Conference with International Participation*. Kemerovo, December 29, 2022. 89–97. (In Russ.).
4. Golov G. V. Soils and ecology of agrophytocenoses of the Zeysko-Bureinskaya plain. Vladivostok: Dalnauka, 2001. 162 p. (In Russ.).
5. Guskov Yu. A. Improvement of the assembly and transport process and technical means for harvesting coarse feed: PhD thesis. Novosibirsk, 2007. 211 p. (In Russ.).
6. Combined wheel tread cleaner: patent No. 2795837 Russian Federation / Marshanin E. V.; appl. 02/15/2023; publ. 05/12/2023. (In Russ.).
7. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Increasing the efficiency of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops. Blagoveshchensk: Publishing house of DalGAU; 2017. 272 p. (In Russ.).
8. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Expanding the functionality of wheeled power engineering. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2021;1(57):87–98. (In Russ.).
9. Marshanin E. V., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Directions of research for reducing the force of resistance to movement of a wheeled energy vehicle. *Agrarian Scientific Journal*. 2023;(7):147–152. (In Russ.).
10. Substantiation of the choice of the optimal route for grain transportation during on-farm transportation / A. S. Stepashkina, N. V. Limarenko, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, D. S. Ryabchikov. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev*. 2022;14(1):141–149. (In Russ.).
11. Onishchuk V. S., Panasyuk A. N. Complex characteristics of soil resources of lowland landscapes of the Amur region. Blagoveshchensk: Publishing house of DalGAU; 2010. 324 p. (In Russ.).
12. Increasing the traction properties of a wheeled energy vehicle on soils with a high coefficient of stickiness / E. V. Marshanin, E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov, V. G. Evdokimov, E. S. Polikutina, D. V. Belyakov. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;1(99):83–87. (In Russ.).
13. Radnaev D. N. To the methodology of designing technological processes. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture Named after V. Philippov*. 2011;1(22):71–75. (In Russ.).
14. Revut B. I. Soil physics. Leningrad, 1972. 368 p. (In Russ.).
15. Sergeev E. M. Engineering geology. Moscow, 2011. 248 p. (In Russ.).
16. The system of agriculture of the Amur region / under the general edition of P. V. Tikhonchuk. Blagoveshchensk: Publishing house of DalGAU; 2016. 574 p. (In Russ.).
17. Reduction of energy consumption of mobile energy facilities through the use of additional loading devices / S. V. Shchitov, Z. F. Krivutsa, E. E. Kuznetsov, E. V. Popova, A. N. Kushnarev. *AgroEcoInfo: Electronic Scientific and Production Journal*. 2023;(1). Available at: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/4/st_406.doc. (In Russ.).
18. Modern trends in the development of agricultural machinery / V. A. Shakhov, A. S. Rastopchin, P. G. Uchkin, A. N. Kondrashov, O. A. Zhupikov. *Improvement of Engineering and Technical Support of Production Processes and Technological Systems. Materials of the National Scientific and Practical Conference with International Participation. Orenburg State Agrarian University*. 2023:71–73. (In Russ.).
19. Torsion cable cleaner of the tread of a wheel propeller: patent No. 164615 Russian Federation / S. V. Shchitov, E. E. Kuznetsov, S. A. Rybakov; appl. 02/24/2016; publ. 09/10/2016. (In Russ.).
20. Shishlov S. A., Redkokashin A. A., Shapar M. S. Qualitative pre-sowing tillage and sowing – the key to a high yield of soybeans. *Scientific Review*. 2015;(15):23–27. (In Russ.).
21. Belyaev V. I., Fruhauf M., Mainel T. Ecological consequences of conversion of steppe to arable land in Western Siberia. *Europa Regional*. 2004;1(4):13–21.
22. Bolzern P., DeSantis R., Locatelli A., Masciocchi D. Pathtracking for articulated vehicles with off-axle hitching. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 1998;6(4):515–523.
23. Increasing The shallowness of the wheeled tractors / S. V. Shchitov, P. V. Tikhonchuk, I. V. Bumbar, Z. F. Krivuca, V. V. Samuilo, A. V. Yakimenko, O. P. Mitrokhina. *Journal of Mechanical Engineering*. 2018;41(2):31–34. Available at: <https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31-34.pdfnull>.
24. Unified Chassis Control for the Improvement of Agility, Maneuverability, and Lateral Stability / Wanki Cho, Jaewoong Choi, Chongkap Kim, Seibum Choi, Kyongsu Yi. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2012;61(3):1008–1029.

Статья поступила в редакцию 01.04.2024; одобрена после рецензирования 01.05.2024; принята к публикации 07.05.2024.
The article was submitted 01.04.2024; approved after reviewing 01.05.2024; accepted for publication 07.05.2024.

