

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.372

**К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора  
в условиях повышенной влажности почвы**

*Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А.,  
Лоскутова Е.В., Борисенко Е.А.*

*Дальневосточный государственный аграрный университет*

**Аннотация**

*Проведение полевых работ в условиях повышенной влажности, увеличивающей липкость и, следовательно, налипание почвы на движители, влечёт и повышенное техногенное воздействие ходовой системы трактора на плодородный слой вследствие повышения величин буксования наряду со снижением рабочих скоростей и уменьшением производительности агрегатов. Современные автошины высокой проходимости обладают рядом преимуществ, к которым относится развитый рисунок протектора, высокая сопротивляемость к истиранию и износу, самоочищаемость при определённых скоростях движения.*

*Вместе с тем, производственные наблюдения показывают, что при высокой влажности поверхности движения налипание грунтовых масс в межпротекторном пространстве и полное залипание протектора не позволяет реализовать тягово-сцепные свойства колёсного движителя.*

*В представленной статье предлагается расчёт самоочищения колёсных движителей трактора с устройством вычищения протектора колеса для условий повышенной влажности почвы и приводятся результаты математической обработки результатов исследований, свидетельствующие об эффективности предлагаемого метода.*

**Ключевые слова:** КОЛЁСНЫЙ ТРАКТОР, ВЫЧИЩАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ДВИЖИТЕЛЬ, САМООЧИЩЕНИЕ, ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА, ПРОХОДИМОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худолец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

.....  
**Электронный научно-производственный журнал**  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

### **Введение**

Для дальневосточных регионов Российской Федерации характерно наличие агрофонов с низкой несущей способностью, что в весенний период обусловлено естественным поверхностным оттаиванием при накоплении влаги от подстилающего мерзлотного слоя на глубине 25-30 см, над глинистым горизонтом [1, 2]. Таким образом повсеместно наблюдается значительное колебание распределения влаги по глубине плодородного слоя - от 12-15% на глубине 5-8 см, 18-34% на глубине 10-18 см, 35-45% на глубине 20-26 см. В связи с этим проведение пахоты или глубокого боронования позволяет усреднить плодородный слой по влажности для формирования наиболее оптимальных условий для посева и произрастания культурных растений [3, 4].

Однако проведение полевых работ в условиях повышенной влажности, увеличивающей липкость и, следовательно, налипание почвы на движители, влечёт и повышенное техногенное воздействие ходовой системы трактора [5, 6] на плодородный слой вследствие повышения величин буксования наряду со снижением рабочих скоростей и уменьшением производительности агрегатов [7, 8].

Также необходимо отметить, что в этих условиях, согласно агротехническим требованиям [9, 10], проведение полевых работ не рекомендуется. В то же время выполнение данных требований не всегда приемлемо, особенно если это связано с вывозом с полей собранного урожая овощных или бахчевых культур, или прочей производственной необходимостью [11], рис. 1, 2.

Современные автошины высокой проходимости обладают рядом преимуществ. К которым относится развитый рисунок протектора, высокая сопротивляемость к истиранию и износу, самоочищаемость при определённых скоростях движения.

Вместе с тем, производственные наблюдения показывают, что при высокой влажности поверхности движения налипание грунтовых масс в межпротекторном пространстве и полное залипание протектора не позволяет реализовать тягово-сцепные свойства колёсного движителя [12]. В связи с этим было предложено устройство для вычищения протектора колеса в движении по патенту РФ № 2795837, предназначенное для устранения эффекта залипания и забиваемости протектора колеса [13].

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»



Рис. 1. Проведение работ колёсным ТТА с вычищающим устройством в условиях повышенной влажности



Рис. 2. Трактор с вычищающим устройством на полевых работах в КФХ «Росинка» Амурской области

### Материалы и методы

Для проведения подбора и расчёта элементов предлагаемого устройства необходимо рассмотреть вопрос обоснования его конструктивно-технологических параметров с учётом самоочистки колеса, определить взаимодействующие в процессе вычищения параметры и их силовые величины.

Для определения силы, удерживающей почву, находящуюся между грунтозацепами воспользуемся уравнением, предложенным В.Ф. Бабковым [14].

$$F_0 = S_0 \cdot \varepsilon + P_0 h \varepsilon + qz \tan \varphi_0, \quad (1)$$

где  $S_0$  – площадь шины, заключённая между грунтозацепами,  $m^2$ ;  $\varepsilon$  – сила сцепления грунта с резиной автошины,  $H$ ;  $P_0$  – периметр площади, заключённой между грунтозацепами,  $m$ ;  $h$  – высота грунтозацепа,  $m$ ;  $q$  – силовое давление колеса на дно колеи,  $H$ ;  $\varphi_0$  – угол внутреннего трения грунта, град;  $z$  – коэффициент бокового распора грунта.

Анализ формулы (1) показывает, что для определения силы, удерживающей почву, находящуюся между грунтозацепами, необходимо знать следующие величины, которые зависят от параметров используемого движителя:

- площадь шины, заключённой между грунтозацепами;
- периметр площади, заключённой между грунтозацепами;
- высоту грунтозацепа.

Для определения площади почвы, заключённой между грунтозацепами, необходимо определить длину единичного элемента протектора, который зависит от радиуса кривизны протектора и будет равен

$$L = \int_0^{\alpha_n} R_n d\alpha, \quad (2)$$

где  $L$  – длина грунтозацепа,  $m$ ;  $R_n$  – радиус кривизны протектора,  $m$ ;  $\alpha_n$  – угол, зависящий от расположения почвозацепа на шине, рад.

Площадь шины, заключённой между грунтозацепами, определится из выражения

$$S_0 = \int_0^{\alpha_n} H R_n d\alpha = H R_n \alpha_n, \quad (3)$$

где  $H$  – расстояние между грунтозацепами,  $m$ .

Тогда периметр площади шины, заключённой между грунтозацепами, равен

$$P_0 = 2R_n \alpha_n + 2H. \quad (4)$$

С учётом выражений 2-4 уравнение 1 примет вид

$$F_{от} = \varepsilon(R_n \alpha_n H) + h\varepsilon(R_n \alpha_n 2 + H) + qz \tan \varphi_0, \quad (5)$$

Сила инерции почвы (находящейся между грунтозацепами), возникающая при вращении колеса будет равна выражению

$$F_{и} = \frac{mV^2}{R} = \frac{hHR_n \alpha_n j V^2}{Rg}, \quad (6)$$

где  $m$  – масса почвы, заключённой между грунтозацепами,  $kg$ ;  $V$  – линейная скорость

вращения беговой дорожки, равная скорости движения трактора, м/с;  $j$  – удельный вес почвы, Н/см<sup>3</sup>;  $R$  – радиус от центра колеса до центра массы почвы, заключённой между грунтозацепами, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

Анализируя приведённые выше уравнения (3-6) можно сделать следующие выводы:

- залипание движителей почвой будет происходить в том случае, когда будет выполняться следующее условие

$$\frac{hHR_{\Pi}\alpha_{\Pi}jV^2}{Rg} < (R_{\Pi}\alpha_{\Pi}^2)\varepsilon + (R_{\Pi}\alpha_{\Pi}^2 + H)h\varepsilon + qz\tg\varphi_0. \quad (7)$$

- самоочищение движителей от почвы будет наблюдаться тогда, когда будет выполняться следующее условие

$$\frac{hHR_{\Pi}\alpha_{\Pi}jV^2}{Rg} > (R_{\Pi}\alpha_{\Pi}^2)\varepsilon + (R_{\Pi}\alpha_{\Pi}^2 + H)h\varepsilon + qz\tg\varphi_0. \quad (8)$$

Таким образом самоочищение шины будет происходить при выполнении предлагаемого условия (8).

Так как при движении по полю в условиях повышенной влажности скорость агрегата имеет малые величины, следовательно, значение силы инерции будет невысоким и самоочищение протектора шины происходить не будет, в связи с чем необходима установка дополнительного вычищающего устройства [15].

Используя выражение (5) определим удерживающую силу для слоя почвы (суглинок), заключенной между двумя грунтозацепами. При этом нормальное удельное давление движителей на почву для колёсного трактора типа МТЗ-80(82) находится в пределах 0,14...0,25 МПа. В результате расчётов определили силу, удерживающую почву, находящуюся между грунтозацепами -  $F_{от} = 1,2...1,16$  Н.

Опытное внедрение и показатели сравнительно-хозяйственных испытаний, проведённых с серийным и экспериментальным трактором с вычищающим устройством, позволили получить данные для проведения математической обработки, результаты которой представлены в виде 3D графиков на рис. 3 и 4.

Сравнивая поверхности отклика и сечения поверхностей отклика (рис. 3 и 4), полученные при проведении многофакторного эксперимента на экспериментальном и серийных образцах, можно сделать вывод о том, что при всех прочих равных условиях на

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях

повышенной влажности почвы

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

экспериментальном образце глубина колеи до 17% меньше, чем после прохода серийного агрегата, что говорит об эффективности применённого метода повышения проходимости за счёт установки дополнительного вычищающего устройства.

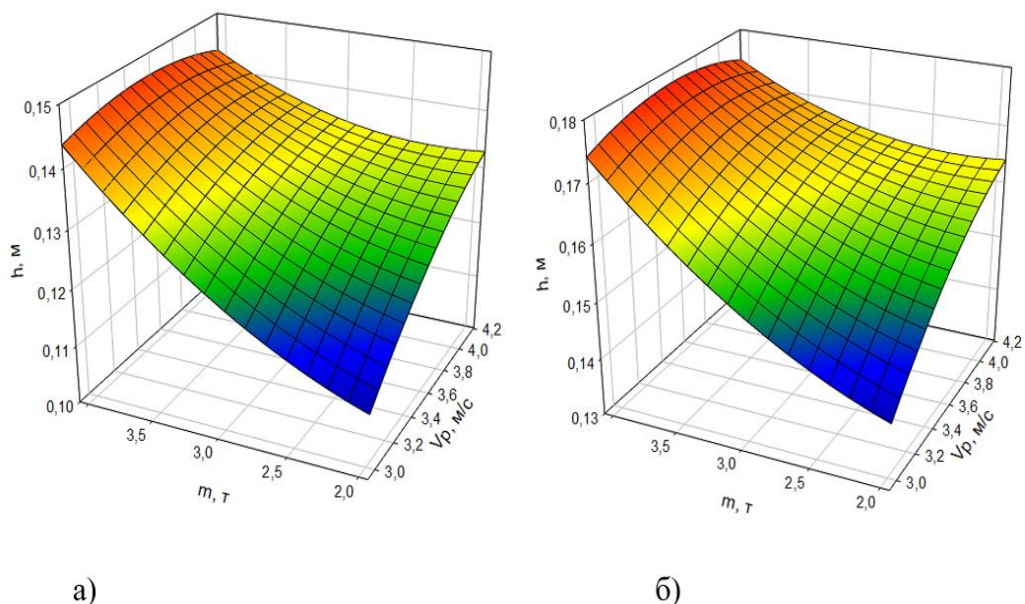


Рис. 3. 3D график процесса ( $h$  (глубина колеи) в зависимости от  $X_2 v_p$  (средняя скорость) и  $X_3 m$  (масса МТА) (при зафиксированном на нулевом уровне  $X_1 W = 30\%$  (влажность)) на а – экспериментальном образце (слева) и б – серийном образце (справа)

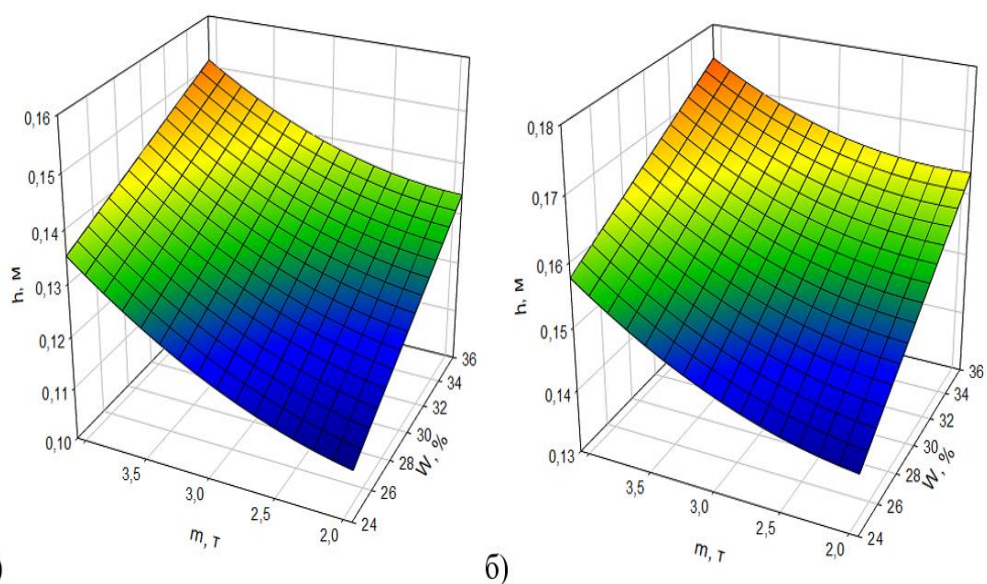


Рис. 4. 3D график процесса ( $h$  в зависимости от  $X_1 (W)$  и  $X_3 (m)$  (при зафиксированном на нулевом уровне  $X_2 (v_p = 3,57\text{ м/с})$ ) на а – экспериментальном образце (слева) и б – серийном образце (справа)

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

**Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»**

**Выводы и заключение**

В общем случае применение вычищающих устройств позволяет повысить эффективность и обосновать необходимость их установки в следующих вариантах колёсного агрегата согласно схеме на рис. 5.

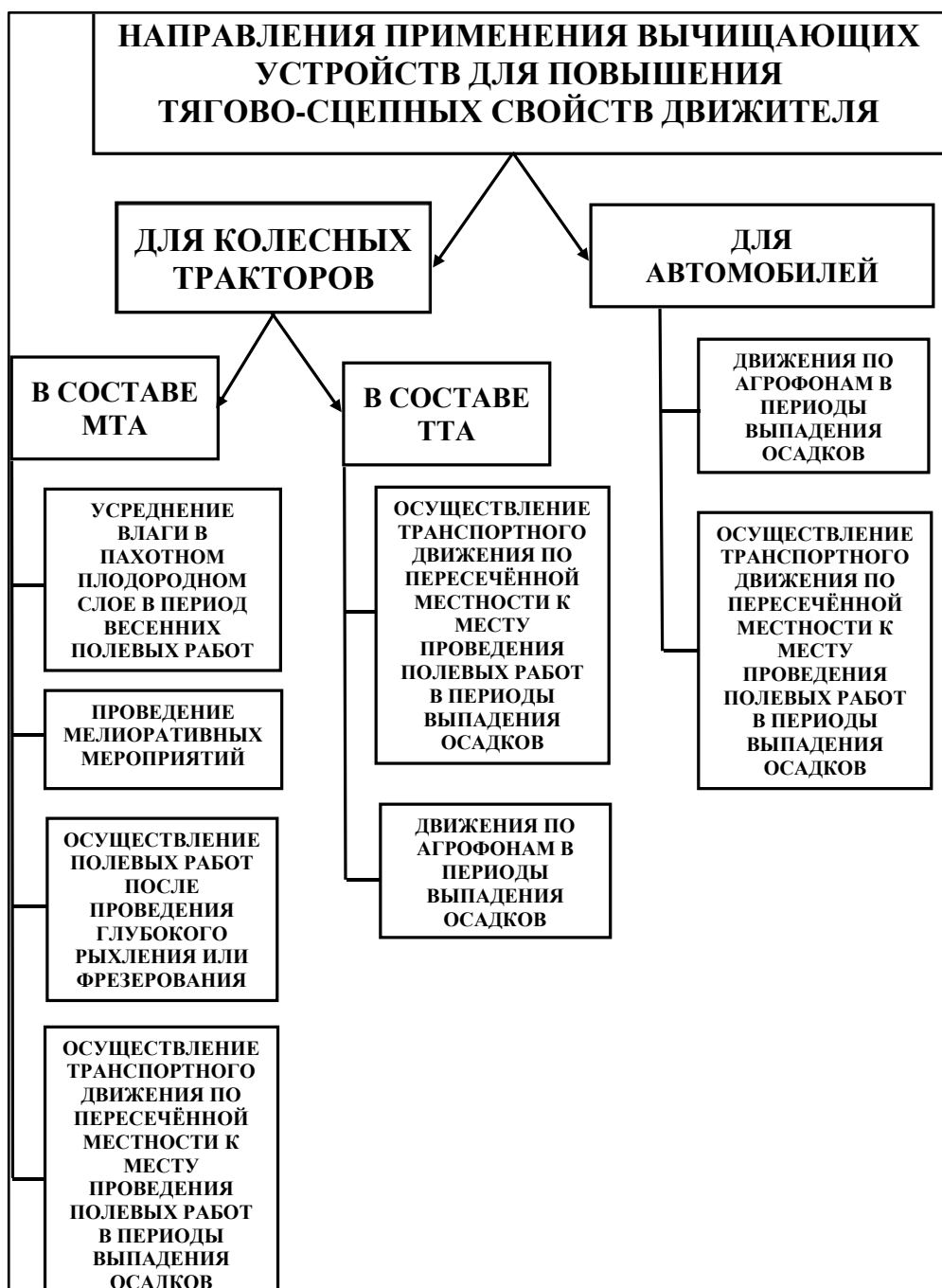


Рис. 5. Сводная схема применения вычищающих устройств для колёсных энергетических средств

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

.....  
**Электронный научно-производственный журнал**  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

Проведённые исследования позволили доказать, что самоочищаемость пневматических шин зависит от величины центробежных и удерживающих сил, состояния почвы, скорости движения энергетического средства, развитости и параметров рисунка протектора колеса. Вместе с тем на малых скоростях движения повысить проходимость и тягово-скоростные характеристики колёсного агрегата возможно только с применением дополнительных вычищающих устройств.

В рамках эксперимента получены соответствующие результаты, показывающие, что глубина колеи экспериментального трактора (0,131 м) меньше глубины колеи серийного трактора (0,17 м) в составе МТА, таким образом показатель экспериментального трактора ниже на 23,52 %. Для ТТА с грузом в 3700 кг усреднённый показатель составил: для колеи серийного трактора (0,183 м), для колеи экспериментального трактора (0,152 м), что на 17,2% ниже показателя серийного трактора в составе ТТА.

Это в совокупности результатов позволяет утверждать, что ходовая система экспериментального трактора с установленным «Комбинированным очистителем протектора колёсного движителя» обладает меньшим техногенным воздействием на почву в сравнении с серийным агрегатом за счёт снижения величины буксования. Таким образом получена подтверждающая информация, свидетельствующая об эффективности предлагаемого технического решения, в совокупности признаков позволяющая использовать его для колёсных средств при различных условиях их использования.

В сравнении с ранее представленными авторами результатами [3-7], полученные данные позволяют сделать обоснованный вывод о том, что предлагаемая к промышленному производству и массовому внедрению конструкция, предназначенная для вычищения протектора колёсного движителя в ходе выполнения работ, является оригинальной и высокоэффективной, реализующей перспективные идеи и формирующей направления для дальнейших исследований в области эффективности работы средств механизации в агропромышленном комплексе.

**Список использованных источников:**

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 104 с.
2. Система земледелия Амурской области / под общ. ред. П. В. Тихончука. –



Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худовец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 574 с.

3. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов / Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2017. – 272 с.

4. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5–7.

5. Шишлов С.А. Качественная предпосевная обработка почвы и посев - залог высокого урожая сои / С.А. Шишлов, А.А. Редкокашин, М.С. Шапарь // Научное обозрение. – 2015. - №15. – С. 23-27.

6. Belyaev V.I., Ecological Consequences of Conversion of Steppe to arable Land in Western Siberia / V.I. Belyaev, M. Fruhauf, T. Mainel // Europa Regional. - 2004. – Vol. 1, № 4. - P. 13-21.

7. Раднаев Д.Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. - 2011. - № 1 (22). - С. 71-75.

8. Бережнов Н.Н. Анализ эффективности способов повышения тягово-сцепных качеств и агротехнических показателей колесных тракторов / Н.Н. Бережнов, К.В. Понимасов, Е.В. Кожабеков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы.: материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. - Кемерово, 29 декабря 2022 года - 2022. - С. 89-97.

9. Лимаренко, Н.В. Обоснование выбора оптимального маршрута транспортировки зерна при внутривозвращательных перевозках / А.С. Степашкина, Н.В. Лимаренко, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2022. - Т. 14. - № 1. – С. 141-149.

10. Шахов, В.А. Современные тенденции развития техники АПК / В.А. Шахов, А.С. Растопчин, П.Г. Учкин, А.Н. Кондрашов, О.А. Жупиков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбургский государственный аграрный университет. - 2023. - С. 71-73.

11. Кузнецов Е.Е. Расширение функциональных возможностей колёсной энергетики / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. - 2021. - № 1 (57). - С. 87-98.

12. Гуськов, Ю.А. Совершенствование сборочно-транспортного процесса и технических средств на заготовке грубых кормов: автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. – Новосибирск. - 2007. - 211 с.

13. Кузнецов Е.Е., Маршанин Е.В. Комбинированный очиститель протектора

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худолец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В.,  
Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях  
повышенной влажности почвы

.....  
**Электронный научно-производственный журнал**  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

колёсного движителя. Патент на изобретение: пат. № 2795837 Российская Федерация. 2023.  
Бюл. № 28.

14. Бабков, В.Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В. Ф. Бабков, А. К. Бируля, В. М. Сиденко. - Москва: Автотрансиздат, 1959. - 189 с.

15. Щитов С.В. Кривуца З.Ф., Кузнецов Е.Е., Попова Е.В., Кушнарев А.Н. Снижение энергозатрат мобильных энергетических средств за счёт использования догружающих устройств [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2017. – № 4. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/4/st\\_406.doc](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/4/st_406.doc).

=====

**Цитирование:**

Маршанин Е.В., Кузнецов Е.Е., Худолец В.И., Шарипова Т.В., Мунгалов В.А., Лоскутова Е.В., Борисенко Е.А. К вопросу эффективности вычищения движителей колёсного трактора в условиях повышенной влажности почвы [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 1. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st\\_115.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st_115.pdf)