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

УДК 631.372:629.114.2

Оценка влияния физико-механических свойств почвы на производительность колёсного агрегата

Маршанин Е.В.[1], Сурин Р.О.[1], Михайлов А.В.[1], Беляков Д.В.[1], Кузнецов Е.Е.[2], Щитов С.В.[2]

[1]Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище

[2]Дальневосточный государственный агарный университет

Аннотация

На технологию возделывания сельскохозяйственных культур большое влияние оказывают физико-механические свойства почвы, такие как плотность, твёрдость, структурный состав, липкость и т.д. Именно они в итоге определяют перечень работ, связанных с подготовкой почвы под посев. Это объясняется тем, что в зависимости от физико-механических свойств почвы, а также от естественно-производственных условий определяется состав машинно-тракторного агрегата и необходимый перечень работ.

Многочисленными исследованиями установлено, что поверхность поля подвергается многократным воздействиям ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин в период проведения полевых работ, и данный показатель колеблется в пределах от пяти и более раз. Увеличение числа проходов приводит к увеличению твёрдости и плотности почвы, что в дальнейшем сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур и снижает эффективность использования машинно-тракторных агрегатов и их производительность. Таким образом, техногенные проявления от воздействия ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин напрямую зависит от физико-механических свойств почвы и обеспеченности хозяйств средствами механизации, рекомендованными региональной системой земледелия.

Снижение переуплотнения возможно при применении комбинированных орудий, однако на тяжёлых почвах использование многофункциональных машинно-тракторных агрегатов зачастую не всегда возможно из-за большого сопротивления, которое оказывает почва в процессе её обработки, а это приводит к увеличению числа проходов по полю. Особенно это выражено в тех регионах, где почва представлена тяжёлыми суглинками, в частности в Амурской области, обладающими при определённых природно-климатических условиях повышенной липкостью.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

В предлагаемой статье приводятся результаты исследований по определению влияния липкости почвы на производительность машинно-тракторных агрегатов.

Ключевые слова: ПОЧВА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВ, ЛИПКОСТЬ, ТРАКТОР, СИЛА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Введение

Для получения высокого урожая сельскохозяйственной продукции в первую очередь необходимо создать благоприятные условия для её произрастания. Особенно актуально это в тех регионах, где природно-климатические условия напрямую влияют на формирование влаговоздушного климата в почвенном слое [1, 2]. В Амурской области в основном преобладают почвы, представленные тяжёлыми суглинками, что при обильном выпадении осадков определяет увеличение липкости почвы, и в итоге приводит к возрастанию величины буксования энергетического средства (особенно колёсных тракторов) и, как следствие, к снижению скорости движения и производительности машинно-тракторных агрегатов (МТА) [3, 4].

Целью исследования является повышение эффективности использования колёсных энергетических средств (на базе колёсного трактора) за счёт улучшения реализации тягово-сцепных свойств движителя.

Задача исследований – проверить влияние физико-механических свойств почвы на производительность колёсного агрегата.

При этом возрастание величины буксования, как одного из техногенных факторов, вызывает увеличение глубины колеи после прохода МТА, при этом повышенная липкость почвы является причиной полного залипания движителей, особенно колёсных, что способствует резкому снижению тягово-сцепных свойств энергетических средств.

Одним из направлений решения этой важной сельскохозяйственной задачи является нахождение методов и способов удаления налипшей почвы с протектора колёсного движителя при работе агрегата. Это в свою очередь позволит лучше реализовать тягово-сцепные свойства колесных движителей при работе МТА в различных почвенных условиях.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

В предлагаемой статье рассматриваются вопросы и приведены результаты исследований в направлении снижения влиянии физико-механических свойств почвы (липкости) на производительность машинно-тракторных агрегатов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур за счёт установки дополнительного устройства, повышающего тягово-сцепные свойства колёсного энергетического средства (трактора).

Материалы и методы

Производительность машинно-тракторных агрегатов в многом зависит от того, как эффективно реализуются тягово-сцепные свойства энергетического средства (трактора). Проведённый анализ методов и способов повышения тягово-сцепных свойств позволил выделить основные, наиболее приемлемые для условий почвенного залипания протектора движителя (рис. 1).

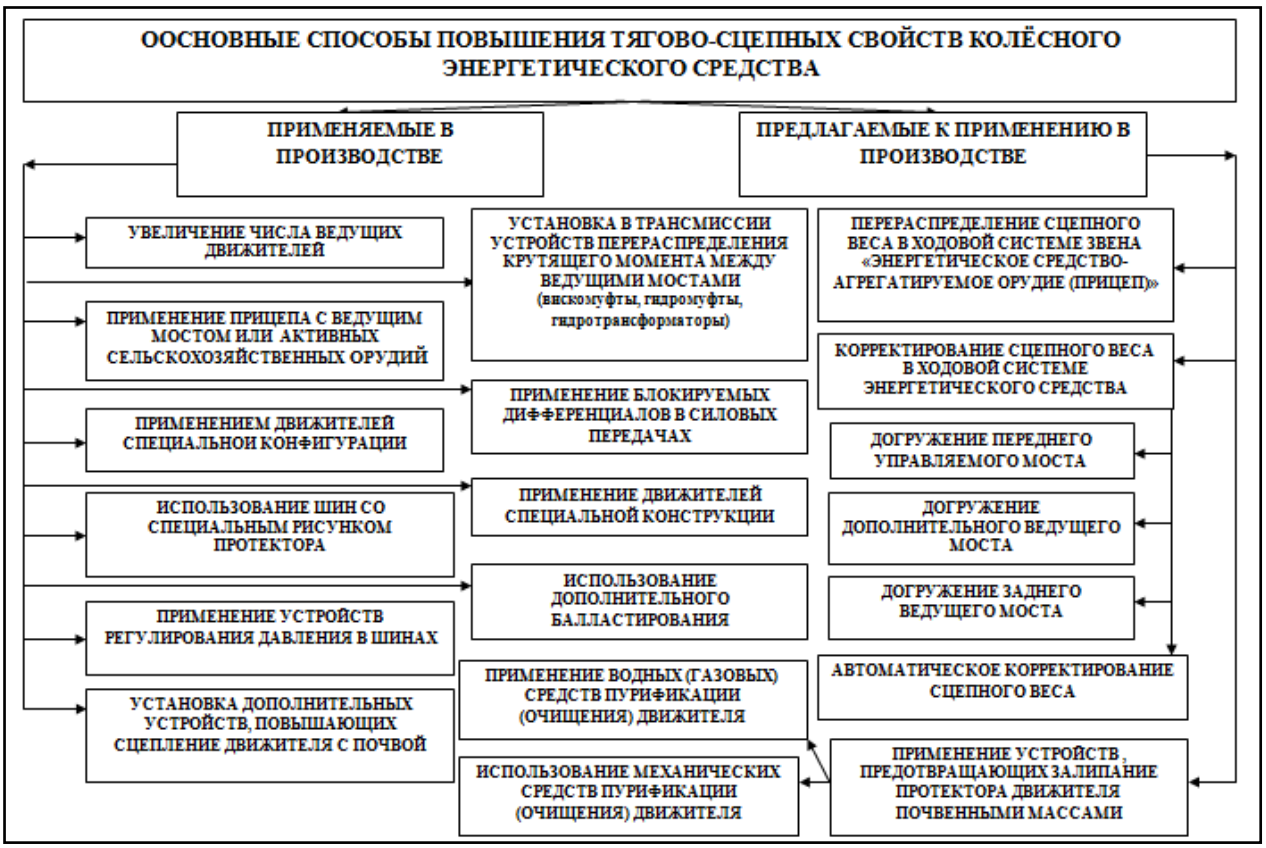

Рис. 1. Основные способы повышения тягово-сцепных свойств

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

Производственными наблюдениями установлено, что в условиях Амурской области при проведении основных сельскохозяйственных работ наблюдается полное залипание протектора колёсного движителя почвой, что не позволяет в итоге реализовать в полной мере тягово-сцепные свойства движителя (рис. 2).

Рис. 2. Общий вид колёсного движителя при выполнении сельскохозяйственной операции в условиях колёсного залипания

Как видно из рис. 2 при движении МТА происходит полное залипание почвой колёсного движителя, что не позволяет грунтозацепам выполнять возложенные на них тяговые функции и максимально эффективно реализовать сцепные свойства с почвой. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что для снижения отрицательного воздействия липкости на тягово-сцепные качества колёсных тракторов необходимо производить очистку протектора движителей от налипшей на них почвы за счёт применения устройств, предотвращающих залипание протектора движителя почвенными массами. При этом наиболее перспективными и эффективными способами являются:

- применение водных (газовых) средств пурификации (очищения) движителя;
- использование механических средств пурификации (очищения) движителя.

Использование первого способа не всегда приемлемо, так как требует установки дополнительных устройств, привод которых осуществляется от основной силовой установки, что в итоге снижает полезно используемую мощность двигателя. В связи с этим наиболее приемлемым способом является применение механического способа очистки

протектора движителя от налипшей почвы. В результате проведенных исследований было предложено устройство для механической очистки протектора энергетического средства, на которое получен патент РФ, рис. 3, 4 [5].

Рис. 3. Общий вид предлагаемого устройства

Рис. 4. Общий вид предлагаемого устройства в транспортном положении

Проведём математическое обоснование эксплуатационных характеристик устройства и оценим влияние физико-механических свойств почвы на производительность машинно-тракторного агрегата. Для чего рассмотрим формирование производительности МТА через тяговое усилие трактора. В общем случае производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) с учетом тягового усилия можно выразить следующим образом [6, 7]:

$$W = 0{,}36 \cdot V_p \cdot \tau \frac{\beta \cdot К_{кр} \cdot Р_{кр}}{К}, \qquad (1)$$

где B_p – ширина захвата МТА, м; V_p – скорость движения МТА, м/с; τ – коэффициент использования времени смены; $Р_{кр}$– тяговое усилие, развиваемое энергетическим средством, Н.; К – удельное сопротивление сельскохозяйственной машины, Н/м^2; $К_{кр}$ – коэффициент использования тягового усилия трактора.

Тяговое усилие, развиваемое энергетическим средством с учетом липкости почвы, можно представить формулой

$$Р_{кр} = Р_к - Р_f - Р_Л, \qquad (2)$$

где $Р_к$ - касательная сила тяги, развиваемая энергетическим средством, кН; $Р_f$ -сила сопротивления движению, кН; $Р_Л$ – сила, затрачиваемая энергетическим средством на преодоления усилия, возникающего от липкости почвы, кН.

Таким образом, с учётом выражения (2) формула (1) примет следующий вид

$$W = 0{,}36 \cdot V_p \cdot \tau \frac{\beta \cdot К_{кр}}{К} (Рк - Pf - РЛ), \qquad (3)$$

Анализ полученной формулы позволяет сделать вывод, что липкость почвы снижает величину производительности.

На основании ранее проведенных исследований нами была получена формула, позволяющая определить силу, затрачиваемую энергетическим средством на преодоление усилия, возникающего от липкости почвы, при работе устройства и отрыве грязевых масс, заключенных в межпротекторном пространстве колеса.

$$Р_Л = 2fNLh + К \cdot \left(\frac{32hl^2}{\pi^5(2n+1)^5 t} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sin\frac{(2n+1)\pi t a_1}{l} - \frac{(2n+1)\pi t a_2}{l}\right) \cdot \right.$$
$$\left. \sum_{n=0}^{\infty} \left(\cos\frac{(2n+1)\pi x_1}{l} - \cos\frac{(2n+1)\pi x_2}{l}\right)\right) + К_1 N \cdot \left(\frac{32hl^2}{\pi^5(2n+1)^5 t} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sin\frac{(2n+1)\pi t a_1}{l} - \right.\right.$$
$$\left.\left. \frac{(2n+1)\pi t a_2}{l}\right) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left(\cos\frac{(2n+1)\pi x_1}{l} - \cos\frac{(2n+1)\pi x_2}{l}\right)\right) + F_{отр}. \qquad (4)$$

где L -длина грунтозацепа, м; h -высота грунтозацепа, м; n - количество оборотов вычищающего элемента; a - угол отклонения вычищающего элемента, град; x - изменение траектории следа вычищающего элемента, м, π – математическая постоянная; где f – коэффициент трения почвы о боковую поверхность грунтозацепа; К - коэффициент удельного прилипания почвы, находящейся между грунтозацепами (нормальное давление отсутствует); $К_1$ - коэффициент удельного прилипания почвы, заключённой между грунтозацепами, от воздействия нормального давления; $F_{отр}$ – сила, необходимая для отрыва слоя почвы, заключённой между грунтозацепами от поверхности движителя, Н.

Решая совместно уравнение (3) и (4), формула производительности для МТА, оборудованного предлагаемым устройством, примет следующий вид:

$$W = 0{,}36 \cdot V_p \cdot \tau \frac{\beta \cdot К_{кр}}{К} (Рк - Pf - 2fNLh + К \cdot (\frac{32hl^2}{\pi^5(2n+1)^5 t} \sum_{n=0}^{\infty} (\sin \frac{(2n+1)\pi t a_1}{l} - \frac{(2n+1)\pi t a_2}{l}) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} (\cos \frac{(2n+1)\pi x_1}{l} - \cos \frac{(2n+1)\pi x_2}{l})) + К_1 N \cdot (\frac{32hl^2}{\pi^5(2n+1)^5 t} \sum_{n=0}^{\infty} (\sin \frac{(2n+1)\pi t a_1}{l} - \frac{(2n+1)\pi t a_2}{l}) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} (\cos \frac{(2n+1)\pi x_1}{l} - \cos \frac{(2n+1)\pi x_2}{l})) + F_{отр}) \quad (5)$$

Полученная формула позволяет определить производительность МТА с учетом совместного влияния физико-механических свойств почвы, геометрических параметров вычищающего устройства и конструктивно-технологических параметров самой шины.

Результаты и обсуждение

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что физико-механические свойства почвы (липкость) оказывают влияние на производительность машинно-тракторного агрегата за счёт снижения тягового усилия, развиваемого энергетическим средством. Это обусловлено тем, что часть эффективной мощности двигателя расходуется на преодоление усилия, возникающего от липкости почвы и буксования. Как показали исследования, затраты мощности двигателя на преодоление усилия, возникающего от липкости почвы, могут составлять до 8% в зависимости от состояния почвы, её влажности и липкости. В связи с чем при проектировании механизированных работ и формировании еженедельного плана в хозяйствах, основой машинно-тракторного парка которых являются колёсные тракторы, необходимо учитывать физико-механические свойства почвы и в зависимости от них предусматривать обязательность установки очищающих устройств в ходовую систему МТА.

Выводы

Проведённые теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать вывод, что производительность машинно-тракторного агрегата снижается от липкости почвы на 9…11% по сравнению с машинно-тракторным агрегатом, в ходовой системе которого установлено предлагаемое очищающее устройство (комбинированный очиститель колёсного движителя). Установлено, что за счёт очищения движителя от почвы повышается тяговое усилие, развиваемое трактором, снижается величина буксования, увеличивается производительность машинно-тракторного агрегата, уменьшается расход топлива на единицу обработанной площади, улучшаются топливно-энергетические показатели. Что в итоге повышает эффективность использования машинно-тракторных агрегатов на почвах, обладающих повышенной влажностью. Предлагаемое устройство, в сравнении с ранее известными техническими решениями [8-11], также обладает высокими надёжностными характеристиками, удобством в обслуживании и эксплуатации, что несомненно выделяет его в техническом уровне современной сельскохозяйственной техники [12].

Список использованных источников:

1. Алдошин Н.В., Пехутов А.С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. - № 4. - С. 26–27.

2. 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.

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

4. Скотников В.А. и др. Практикум по сельскохозяйственным машинам. – Минск: Урожай, 1984. – 375 с.

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

6. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Рыбаков С.А. Исследование тягово-сцепных свойств энергетических средств в зависимости от залипания колёсного движителя // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 12. - С. 18–20.

7. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений. - М.: ВИСХОМ, 1960. – 269 с.

8. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства [Электрон. ресурс]. – URL: http://www.vniiesh.ru

9. Shchitov S.V., Tikhonchuk P.V., Bumbar I.V., Krivuca Z.F., Samuilo V.V., Yakimenko A.V., Mitrokhina O.P. Increasing The Shallowness Of The Wheeled Tractors // Journal of Mechanical Engineering. - 1752. - 41 (2) (2018). p. 31–34. – URL: https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31–34.pdfnull

10. Шуравин А.А., Кузнецов Е.Е. Способ корректирования тягово-сцепных свойств колёсного энергетического средства в повороте // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2021. - № 2 (88). - С. 164–167.

11. 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.

12. Худовец В.И., Щитов С.В., Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: монография. – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 153 с.

Цитирование:

Маршанин Е.В., Сурин Р.О., Михайлов А.В., Беляков Д.В., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Оценка влияния физико-механических свойств почвы на производительность колёсного агрегата [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_311.pdf.