

дизеля на смешанном топливе аналогичного состава, необработанным ультразвуком, объясняется более качественным смешиванием компонентов смешанного топлива, с образованием мелкодисперсной среды, а также увеличением энергетического эквивалента смешанного топлива.

Заключение. При работе тракторного дизеля на всех исследованных составах рыжико-минерального топлива происходит некоторое ухудшение показателей рабочего процесса и топливной экономичности по сравнению с работой дизеля на минеральном ДТ. Наилучшие экологические показатели наблюдаются при работе дизеля на смешанном топливе 50% РыжМ + 50% ДТ. Обработка рыжико-минерального топлива ультразвуком способствует качественному перемешиванию минерального и растительного компонентов ДСТ и, как следствие, улучшению топливно-экономических и экологических показателей дизеля.

Библиографический список

1. Уханов, А. П. Дизельное смешанное топливо : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Д. С. Шеменев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.
2. Нетрадиционные биокомпоненты дизельного смешанного топлива : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. А. Сидоров, Е. Д. Година. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – 113 с.
3. Уханов, А. П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 179 с.
4. Уханов, А. П. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смешанном топливе / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров, Л. И. Сидорова // Научное обозрение. – 2014. – №1. – С. 21-27.
5. Уханов, А. П. Рапсовое биотопливо : монография / А. П. Уханов, В. А. Рачкин, Д. А. Уханов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2008. – 229 с.
6. Рапсовое биотопливо – альтернатива нефтяному моторному топливу / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Рачкин, Н. С. Киреева // Нива Поволжья. – 2007. – №2. – С. 37-40.
7. Сидоров, Е. А. Оценка жирнокислотного состава растительных масел и дизельных смешанных топлив на основе рыжика, сурепицы и льна масличного / Е. А. Сидоров, А. П. Уханов, О. Н. Зеленина // Известия Самарской ГСХА. – 2013. – №3. – С. 49-54.
8. Хохлова, Е. А. Элементарный состав, низшая теплота сгорания и физические свойства дизельного смешанного топлива из рыжикового масла / Е. А. Хохлова, Е. А. Сидоров // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №3. – С. 55-59.
9. Сидоров, Е. А. Экспериментальная оценка влияния сурепно-минерального топлива на показатели рабочего процесса дизеля / Е. А. Сидоров, А. П. Уханов // Нива Поволжья. – 2012. – №4(25). – С. 71-74.
10. Уханов, А. П. Экспериментальная оценка влияния ультразвуковой обработки сурепно-минерального топлива на показатели тракторного дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров // Научное обозрение. – 2016. – №1. – С. 108-114.
11. Пат. 2476716 Российская Федерация. МПК 02М 43/00. Двухтопливная система питания дизеля с автоматическим регулированием состава смешанного топлива / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А. [и др.]. – №2012110662/06 ; заявл. 20.03.2012 ; опубл. 27.02.2013, Бюл. № 6.
12. Пат. 2484290 Российская Федерация. МПК F02М 43/00. Двухтопливная система питания тракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. – №2012115021/06 ; заявл. 16.04.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
13. Пат. 2615880 Российская Федерация. МПК F02Д 19/06, F02М 43/00. Двухтопливная система питания автотракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов А. Д., Уханова Ю. В. – №2016107519/06 ; заявл. 01.03.2016 ; опубл. 11.04.2017, Бюл. № 11.

DOI 10.12737/17448

УДК 631.3

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОЖЕВИДНОГО ДЕФОРМАТОРА С ПОЧВОЙ

Канаев Михаил Анатольевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: kanaev_miha@mail.ru

Карпов Олег Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физика, математика и информационные технологии», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: oleg@ssaa.ru

Васильев Сергей Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: aspmig@mail.ru

Фатхутдинов Марат Рафаилович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: fathutdinov_mr@mail.ru

Ключевые слова: сопротивление, система, почва, тензодатчик, деформатор.

Цель исследования – совершенствование системы дозирования минеральных удобрений посевным агрегатом в зависимости от физико-механических свойств почвы. В современных технологиях точного земледелия при дифференцированном внесении минеральных удобрений в основном используют данные от различных датчиков, а также результаты анализов почвенных проб и аэрофотосъемки. При этом не учитывают глубину гумусового горизонта, которая во многом определяет почвенное плодородие. На базе Самарской ГСХА ведутся исследования влияния глубины гумусового горизонта на плодородие почвы. Разработаны машины для дифференцированного внесения минеральных удобрений разбрасывателем и культиватором. В настоящее время разрабатывается система дифференцированного внесения минеральных удобрений при посеве сельскохозяйственных культур и планируется изготовление комплекта оборудования для стандартной сеялки УПС-8 Веста. В работе представлена конструктивная схема устройства для определения тягового сопротивления, так как тяговое сопротивление тесно связано с толщиной гумусового слоя. Основной рабочий орган этого устройства – деформатор в виде ножа с двугранной заточкой. В статье приводятся теоретические исследования сил, действующих на деформатор. По результатам теоретического обоснования технологического процесса работы устройства для определения тягового сопротивления выведены зависимости нагрузки на тензоизмерительное звено от тягового сопротивления деформатора, которое определяется его основными конструктивно-технологическими параметрами и физико-механическими свойствами почвы. Полученные зависимости тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающего орудия позволяют теоретически определить дополнительные энергозатраты от введения в конструкцию сеялки деформатора на стадии проектирования машины и наметить направления оптимизации конструкции рабочих органов.

Современные технологии точного земледелия охватывают широкий спектр работ, выполняемых в сельском хозяйстве, но основным направлением данных технологий является снижение затрат на выполнение операций при возделывании продукции растениеводства [8]. Затраты снижают чаще всего за счёт экономии топлива, средств защиты растений и удобрений [7].

На базе Самарской ГСХА ведутся исследования влияния глубины гумусового горизонта на плодородие почвы [1, 2, 5, 6]. Разработаны несколько машин для дифференцированного внесения минеральных удобрений разбрасывателем [3] и культиватором. В настоящее время разрабатывается система дифференцированного внесения минеральных удобрений при посеве сельскохозяйственных культур [4]. Планируется изготовление комплекта оборудования для стандартной сеялки УПС-8 Веста. Одним из важнейших элементов данной системы является взаимодействующий с почвой деформатор, от которого зависит тяговое сопротивление.

Цель исследования – совершенствование системы дозирования минеральных удобрений посевным агрегатом в зависимости от физико-механических свойств почвы.

Задача исследования – теоретическое исследование взаимодействия ножевидного деформатора с почвой при использовании его в системе дифференцированного внесения удобрений посевным агрегатом с обоснованием нагрузок, действующих на него при определении тягового усилия.

Материалы и методы исследования. В общем случае предлагаемое устройство для измерения тягового сопротивления (рис. 1) состоит из следующих элементов: деформатора 1, который устанавливается шарнирно на крепежную пластину 2, в свою очередь соединенную шарнирно с кронштейном на раме сеялки 3, и тензоизмерительного узла 4. Тензоизмерительный узел шарнирно соединен с кронштейном на раме 5. В процессе движения почва воздействует на режущую кромку деформатора. Это усилие через передаточные механизмы регистрируется тензозвеном растяжения.

Механическая часть блока измерения тягового сопротивления состоит из деформатора (рис. 2), представляющего из себя пластину, выполненную в виде плоского ножа толщиной 10 мм и длиной 335 мм. Нож заточен с двух сторон под углом 28° и имеет три отверстия для установки фиксирующих болтов. Ввиду постоянного контакта части деформатора с почвой (абразивной средой), пластину необходимо изготавливать из стали марки 65Г с последующей термообработкой. Длина лезвия позволяет изменять глубину вхождения деформатора в почву в зависимости от глубины предпосевной обработки почвы.

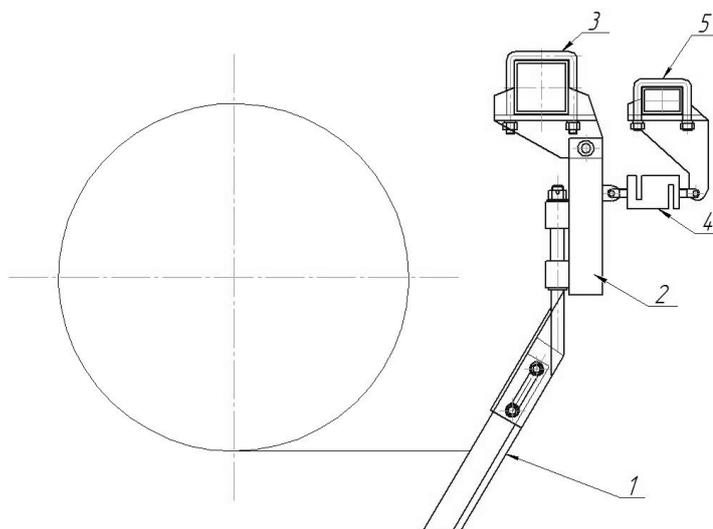


Рис. 1. Конструктивная схема устройства для измерения тягового сопротивления

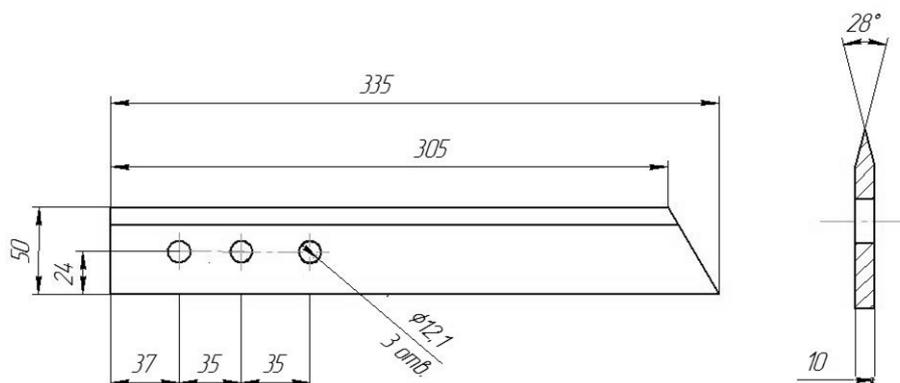


Рис. 2. Деформатор

Тяговое сопротивление деформатора на основании исследований Г. Н. Синеокова [10] можно представить как сумму составляющих тягового сопротивления двугранного клина:

$$P_i = \gamma_i^{\text{лез}} + \gamma_i^{\text{деф}} + \gamma_i^{\text{бок}}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где $P_i^{\text{лез}}$ – сопротивление почвы на внедрение лезвия, Н; $P_i^{\text{деф}}$ – сопротивление на деформацию почвы, Н; $P_i^{\text{бок}}$ – сопротивление от трения почвы о боковую поверхность деформатора, Н.

Сопротивление почвы на внедрение лезвия в общем виде [9] можно представить следующей зависимостью:

$$P_i^{\text{лез}} = \delta \cdot S_i^{\text{лез}} \cdot \sin \gamma, \text{ Н}, \quad (2)$$

где δ – твердость почвы, Па; $S_i^{\text{лез}}$ – площадь режущей кромки лезвия, м²; γ – угол наклона деформатора от вертикальной оси, град.

Площадь режущей кромки лезвия:

$$S_i^{\text{лез}} = l_p \cdot t_{\text{лез}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{лез}}$ – толщина режущей кромки лезвия деформатора, м; h_p – рабочая глубина рыхления деформатором, м.

С учетом формулы (3) зависимость (2) примет вид:

$$P_i^{\text{лез}} = \delta \cdot h_p \cdot t_{\text{лез}} \cdot \sin \gamma. \quad (4)$$

Сопротивление на деформацию почвы:

$$P_i^{\text{деф}} = \tau \cdot K^{\text{деф}}(\alpha \gamma \varphi \rho) \cdot S_i^{\text{деф}}, \text{ Н}, \quad (5)$$

где τ – величина предельных касательных напряжений (зависит от многих факторов и для заданных условий определялась экспериментально), Па; $K^{\text{деф}}$ – коэффициент, учитывающий влияние на сопротивление деформации пласта углов: крошения – α , резания – γ , внешнего трения – φ , внутреннего трения – φ' ; $S^{\text{деф}}$ – площадь деформируемого пласта, м².

Площадь деформируемого пласта:

$$S_i^{\text{деф}} = i_p \cdot t_{\text{деф}}, \quad (6)$$

где $t_{\text{деф}}$ – толщина пластины деформатора, м.

На основании исследований Г. Н. Синеокова коэффициент, учитывающий влияние углов крошения, резания, внешнего трения и внутреннего трения на сопротивление деформации пласта, можно записать следующим образом:

$$K^{\text{деф}} = \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha + \varphi')}{\cos\varphi' \cdot \cos\left(\frac{\alpha + \gamma + \varphi'}{2}\right)}. \quad (7)$$

Таким образом, с учетом зависимостей (6) и (7) формула (5) примет вид:

$$P_i^{\text{деф}} = \tau \cdot \frac{\cos\varphi \cdot \sin(\alpha + 2\varphi)}{\cos\varphi' \cdot \cos\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot h_p \cdot t_{\text{деф}}. \quad (8)$$

Сопротивление от трения почвы о боковую поверхность деформатора с учетом его геометрических параметров можно определить по следующей формуле:

$$P_{\text{бок}} = \tau_{\text{бок}} \cdot b_{\text{см}} \cdot h_p^2 \cdot \rho' \cdot g \cdot \sin\gamma_i \cdot tg\varphi, \text{ Н}, \quad (9)$$

где ρ' – плотность разрыхленной почвы, кг/м³; $b_{\text{см}}$ – ширина пластины деформатора, м; $k_{\text{бок}}$ – коэффициент бокового давления; φ – угол внешнего трения почвы о сталь, град.

Важнейшей задачей при работе деформатора является устойчивое резание почвы и минимизация энергозатрат. Это достигается при выполнении условия устойчивого резания почвы режущей кромкой деформатора со скольжением [9]:

$$\alpha_n < 90^\circ - \gamma, \quad (10)$$

где α – угол резания, град; φ – угол внешнего трения лезвия о почву со стерневыми остатками, град.

Выполнение данного условия при изготовлении деформатора позволит устойчиво осуществлять технологический процесс измерения твёрдости почвы на заданной глубине. Зная полное тяговое сопротивление деформатора, можно определить нагрузки, действующие на тензоизмерительный узел. Для этого необходимо составить уравнение равновесия системы сил, представленной на рисунке 3 (P – результирующая сила, $P = \frac{P^x}{\cos\gamma}$).

Условие равновесия сил:

$$\begin{aligned} \sum x &= 0; \\ \sum y &= 0; \\ \sum M &= 0. \end{aligned}$$

Составим систему уравнений по рисунку:

$$\begin{aligned} \sum x &= F - P^x = 0; \\ \sum y &= P^y - R = 0; \\ \sum M &= P^x \cdot l_p^y + P^y \cdot l_p^x - F \cdot l_F^y = 0. \end{aligned}$$

Результаты исследований. Решим систему уравнений относительно F . Так как $[F = P^x]$, то заменим P^x на F в третьей зависимости:

$$\begin{aligned} F \cdot l_p^y + P^y \cdot l_p^x - F \cdot l_F^y &= 0; \\ F \cdot l_p^y - l_F^y &= -P^y \cdot l_p^x; \\ F &= P \cdot \frac{l_F^y - l_p^y}{l_p^x}. \end{aligned}$$

Подставив в эту формулу значение P , можно определить величину F . По результатам теоретического обоснования технологического процесса работы предлагаемого устройства для определения тягового сопротивления были выведены зависимости нагрузки на тензоизмерительное звено от тягового сопротивления

деформатора, которое определяется его основными конструктивно-технологическими параметрами и физико-механическими свойствами почвы.

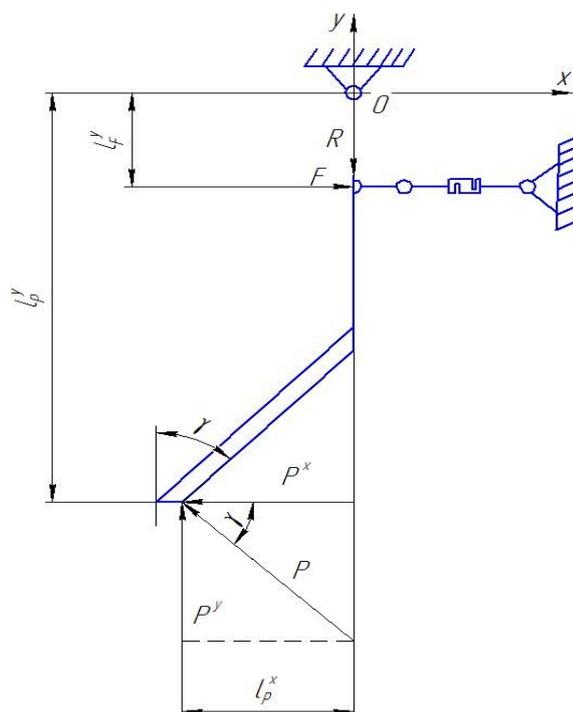


Рис. 3. Схема сил, действующих на тензометрический узел

Заключение. Полученные зависимости тягового сопротивления ножевидного деформатора почвообрабатывающего орудия определяются его основными конструктивно-технологическими параметрами и физико-механическими свойствами почвы. Они позволят теоретически определить дополнительные энергозатраты от введения в конструкцию сеялки деформатора на стадии проектирования машины и наметить направления их оптимизации.

Библиографический список

1. Иванайский, С. А. Рабочий орган для предпосевной обработки почвы / С. А. Иванайский, О. М. Парфенов // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. – Самарская ГСХА, 2016. – С. 364-366.
2. Канаев, М. А. Описание конструкции и принцип работы дискового твердомера // Известия Самарской ГСХА. – 2008. – № 3. – С. 5-8.
3. Канаев, М. А. Дифференцированное внесение удобрений при посеве / М. А. Канаев, С. В. Машков // Сельский механизатор. – 2011. – № 7. – С. 22-23.
4. Канаев, М. А. Разработка системы автоматизации дифференцированного внесения удобрений при посеве / М. А. Канаев, О. В. Карпов, С. А. Васильев, М. Р. Фатхутдинов // Известия Самарской ГСХА. – 2017. – № 1. – С. 58-62.
5. Милюткин, В. А. Новый способ дифференцированного внесения удобрений при посеве сельскохозяйственных культур / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // Известия Самарской ГСХА. – 2010. – № 3. – С. 16-18.
6. Милюткин, В. А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, М. А. Кузнецов // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2013. – № 3. – С. 34-39.
7. Милюткин, В. А. Разработка машин для подпочвенного внесения удобрений на основе агробиологических характеристик растений / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – № 3. – С. 9-13.
8. Парфенов, О. М. Использование механических колебательных систем в почвообрабатывающих машинах / О. М. Парфенов, С. А. Иванайский, В. В. Переверзов // Известия Самарской ГСХА. – 2009. – № 3. – С. 14-16.
9. Савельев, Ю. А. Теоретическое обоснование тягового сопротивления батарей ножевых дисков / Ю. А. Савельев, П. А. Ишкин, Ю. М. Добрынин // Известия Самарской ГСХА. – 2011. – № 3. – С. 26-29.
10. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов – М. : Машиностроение, 1977. – 329 с.