УДК 631.331

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-5-10

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ ЗЕРНОВЫХ СЕЯЛОК
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**¹Нотов Руслан Адальбиевич¹Лебедев Анатолий Тимофеевич¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Реферат. Существует положительная практика применения полимерных материалов для обработки дисковых сошников зерновых сеялок. Установлено что полимерные покрытия - хорошее противодействие налипанию почвы и снижение тягового сопротивления при ее влажности более 25 %, но при влажности почвы, не превышающей 15 % будет наблюдаться повышенный износ таких покрытий. Следует учитывать, что влажность слоя почвы неравномерна по глубине даже после четырехсот-часового испарения влаги, из-за чего эффект изнашивания поверхности дисков сошников будет наблюдаться почти всегда, но с различной интенсивностью, в зависимости от типа и структуры почвы, погодных условий, и режима посевных работ. Определяли коэффициент трения и относительную интенсивность изнашивания на переоборудованной машине трения МТУ-01. Исследовали свойства капролона, фторопласта, СВМПЭ Р-500, СВМПЭ Р-1000 в сравнении со стандартным стальным образцом на среднесуглинистой каштановой почве влажностью 8-10 %. Полученные результаты показали, что наиболее износостойкими полимерами оказались сверхвысокомолекулярный полиэтилен СВМПЭ и капролон, у которых интенсивность изнашивания до 18 раз ниже, чем у фторопласта и до 4 раз ниже, чем у стали. На основе экспериментальных результатов, известных данных по испытанию полимерных материалов на липкость, и износостойкость, теории надежности, нами разработана графическая схема этапов работоспособности системы «дисковый сошник». Нормальная работоспособность системы подразумевает посев в агротехнические сроки, соответствующие физической спелости почвы или ее влажности 11 – 25 %. Покрытие дисков полимерными материалами, позволит снизить зависимость хозяйств от агротехнических сроков и производить посевные работы в сухую и переувлажненную почву без нарушения режимов работы посевного агрегата.

Ключевые слова: работоспособность, переменные условия эксплуатации, дисковый сошник, зерновая сеялка, полимерный материал, снижение износа, противодействие налипанию.

**WORKING CAPACITY OF DISK DISCONNERS OF GRAIN SEEDERS
IN VARIOUS OPERATING CONDITIONS**¹Notov Ruslan¹Lebedev Anatoly¹FSBEI HE "Stavropol State Agrarian University"

Abstract. There is a good practice in the use of polymeric materials for processing disk coulters of grain seeders. It has been established that polymer coatings are a good anti-soil buildup and a decrease in traction resistance when its moisture is more than 25 %, but with soil moisture not exceeding 15 %, increased wear of such coatings will be observed. It should be borne in mind that the moisture of the soil layer is uneven in depth even after four hundred hours of moisture evaporation, due to which the wear effect of the surface of the coulters discs will be observed almost always, but with different intensities, depending on the type and structure of the soil, weather conditions, and regime sowing work. The coefficient of friction and the relative wear rate on the converted MTU-01 friction machine were determined. The properties of caprolon, fluoroplastic, UHMWPE P-500, UHMWPE P-1000 were studied in comparison with a standard steel sample on medium loamy chestnut soil with a moisture content of 8-10 %. The results showed that the most wear-resistant polymers were ultra-high molecular weight UHMWPE polyethylene and caprolon, in which the wear rate is up to 18 times lower than that of

fluoroplast and up to 4 times lower than that of steel. We developed a graphical diagram of the stages of operability of the "disk coultter" system based on experimental results, well-known data on the testing of polymer materials for stickiness, wear resistance, and reliability theory. The normal working capacity of the system implies sowing in agro-technical terms corresponding to the physical ripeness of the soil or its moisture content of 11 – 25 %. Covering discs with polymeric materials will make it possible to reduce the dependence of farms on agrotechnical periods and to sow work in dry and waterlogged soil without violating the operating conditions of the sowing unit.

Keywords: operability, variable operating conditions, disc coultter, grain seeder, polymer material, reduced wear, anti-sticking.

Введение. Одной из наиболее распространенных причин обоснованности использования полимерных материалов на рабочих органах почвообрабатывающей техники является хорошее противодействие налипанию почвы и снижение тягового сопротивления в почвах с влажностью более 25 %. Однако, при влажности почвы не превышающей 15 % будет наблюдаться повышенный износ таких покрытий. А повышение давления на рабочих поверхностях, контактирующих с почвой, может приводить к деформациям или разрушению полимерного покрытия, из-за увеличения температуры таких материалов.

Существует положительная практика применения полимерных материалов для обработки дисковых сошников зерновых сеялок, нанесенных как в жидком виде, так и в виде накладок [1-3]. Полимерное покрытие выступает в роли промежуточного слоя на границе контакта между почвой и рабочим органом [3]. Ученые, занимающиеся разработкой этих технологий, часто решают проблему налипания почвы, забывая о том, что в нашей стране и по миру в целом существуют такие регионы, где из-за засушливых сезонов посев вынуждены осуществлять в неувлажненную почву.

Кроме того, необходимо учитывать, что, по данным [4] влажность слоя почвы неравномерна по глубине даже после 400 часов испарения влаги (рисунок 1).

Рисунок 1 – Распределение влажности в почве по глубине после испарения

Как видно из графика на глубине 0 - 4 см влажность распыленной почвы не превышает 10 % и незначительно возрастает до максимального значения в 15 -16 % на глубине 5 - 8 см, что уже подразумевает повышенный износ поверхности дисков при любой глубине хода. Для комковатой почвы данный показатель значительно ниже и почва влажностью 10 -15 % находится на глубине до 1 см. Одновременно с этим, у комковатой почвы на глубине 4 - 5 см наблюдается резкий рост влажности до 30 %, при которой будет происходить повышенное налипание почвы на диски.

Исходя из этих данных, можно говорить о том, что эффект изнашивания поверхности дисков сошников будет наблюдаться почти всегда, но с различной интенсивностью, которая будет зависеть от типа и структуры почвы, погодных условий, и режима посевных работ.

Материалы и методы. Для повышения универсальности использования полимерных

покрытий в почвообработке необходимо проводить экспериментальные исследования по изучению взаимодействия полимерных покрытий и почвы и определению самых эффективных материалов. Например, есть экспериментальные данные, доказывающие, что такие полимеры, как фторопласт и полиэтилен, позволяют снизить налипание почвы на покрытые ими диски сошника до 2 - 5,5 раз, по сравнению со стандартным стальным диском [1, 5].

Используя, положительный опыт применения полимерных покрытий на двухдисковых сошниках зерновых сеялок и задавшись условием, что покрытие должно противодействовать налипанию почвы при высокой влажности, быть износостойким при работе в сухой почве, не повреждаться, испытывая повышенные нагрузки, и не нарушать требуемого качества посевных работ, были проведены экспериментальные исследования полимеров отвечающих этим условиям.

Для эксперимента по определению коэффициента трения, величины износа и интенсивности изнашивания использовалась переоборудованная машина трения МТУ-01 (рисунок 2а), оборудованная тензодатчиком [6]. Эксперимент проводился по 4 различным видам полимерных материалов (капролон, фторопласт, СВМПЭ Р-500, СВМПЭ Р-1000) в сравнении со стандартным стальным образцом (рисунок 2б). Для определения влажности почвы использовался анализатор влажности ЭЛВИЗ 2.

Эксперименты проводились на среднесуглинистой каштановой почве влажностью 8-10 % с содержанием в ее составе физической глины (частицы менее 0,1 мм) 30 – 40 %.

Так как метод испытаний на машине трения МТУ-01 основывается на вращательном перемещении верхнего образца относительно неподвижного нижнего образца, нами были изготовлены элемент для запрессовки исходных образцов и стакан для почвы. Таким образом, в элемент для запрессовки помещался соответствующий полимер или стальной образец, который устанавливается на машину трения и вращается в стакане, наполненном почвой на 70 – 85 % (рисунок 2в), при этом почва предварительно просеивалась на сите с диаметром отверстий 1 мм из набора сит СПП.

Рисунок 2 - Машина трения МТУ-01 (а), образцы для испытаний (слева на право): сталь, капролон, фторопласт, СВМПЭ Р-500, СВМПЭ Р-1000 (б) и их установка (запрессовка) для испытания при вращении в стакане с почвой (в).

Исходя из того, что тяговое сопротивление двухдискового сошника сеялки СЗ - СЗ,6, в зависимости от конструкции, скорости движения, глубины заделки и влажности почвы, может варьироваться в интервале 40 - 300 Н [2, 5, 7], нами были рассчитаны теоретические максимальные нагрузки, соответствующие площади контакта двухдискового сошника с почвой для глубины заделки семян 3, 6 и 9 см.

Таким образом, были получены, соответствующие нагрузки для испытания образцов на машине трения МТУ- 01. Площадь контакта дисков сошника с почвой изменяется по мере увеличения глубины заделки семян. С учетом теоретической максимальной нагрузки (100, 200 и

300 Н для 3, 6 и 9 см, соответственно) при глубине заделки 3 см давление будет равно 0,008 МПа, при 6 см 0,007 МПа, а при 9 см 0,0066 МПа. Тогда для создания соответствующего давления в зоне контакта образца с почвой на машине трения необходимо обеспечить нагрузку не более 7 Н на ось машины трения.

Частота вращения главной оси машины трения составляет $n = 1550 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует линейной скорости $v = 2,68 \text{ м/с}$ в зоне контакта образца с почвой и соответствует нормальным условиям при полевых посевных работах, когда диски сошников вращаются с линейной скоростью от 1,5 м/с до 4 м/с.

Влажность почвы в эксперименте устанавливалась исходя из известных данных о физической спелости почвы (агротехнические сроки), то есть оптимальных показателей влажности W_a для ее обработки и проведения посевных работ. Физическая спелость почвы обуславливает агротехнические сроки, а влажность почвы в этот период составляет от $W_a = 12 \pm 2 \%$ до $W_a = 23 \pm 3 \%$ в зависимости от типа почвы. При этом при снижении влажности будет наблюдаться повышенный износ поверхностей сошников, потому что при влажности 0 - 10 % почва не будет прилипать к металлу и коэффициент трения не зависит от влажности, а значит, происходит непосредственный износ рабочей поверхности.

Результаты и их обсуждение. Результаты по определению износостойких показателей полимерных материалов и стального образца при влажности почвы 8 - 10 % занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты по испытанию полимерных материалов на машине трения МТУ-01

Показатель	Образец				
	сталь 65Г, 54 HRC	капролон П-6 блочный	фторопласт Ф4	СВМПЭ Р-500	СВМПЭ Р-1000
Коэффициент трения	0,03	0,04	0,1	0,1	0,03
Относительная интенсивность изнашивания, мг/ч	1	0,35	4,5	0,25	0,25

Как видно из таблицы, наиболее износостойкими полимерами оказались сверхвысокомолекулярные полиэтилены и капролон, у которых интенсивность изнашивания до 18 раз ниже, чем у фторопласта и до 4 раз ниже, чем у стали, но при этом по данным [1, 5, 8] полиэтилен и фторопласт до 5,5 раз лучше противодействуют налипанию, чем стандартные стальные дисковые сошники.

Исходя из проведенного эксперимента и других известных данных по испытанию полимерных материалов на липкость, и износостойкость, руководствуясь основами теории надежности, можно графически изобразить этапы работоспособности системы «дисковый сошник» (рисунок 3).

Рисунок 3 – Схема этапов работоспособности системы «дисковый сошник»

Как показано на рисунке, схематически работоспособность системы «дисковый сошник» можно разделить на три зоны, две из которых сопровождаются отказами системы и одна соответствует нормальной ее работоспособности.

На сухой почве (влажность 0 – 13 %) будет происходить повышенный износ рабочих органов, контактирующих с почвой, но при этом отсутствует налипание почвы на диски, но может наблюдаться осыпание при бороздообразовании.

Нормальная работоспособность системы - посев в агротехнические сроки, которые различны для каждого вида почвы и соответствуют ее физической спелости [4, 9], когда влажность составляет 11 – 25 %. В данной зоне может происходить, как износ дисков сошника, так и налипание на них почвы, но без нарушения режимов посевных работ. Стоит отметить, что из-за налипания увеличивается коэффициент трения и повышается тяговое сопротивление сошника.

При влажности почвы свыше 24 % (переувлажненная почва) износ рабочих органов минимален, но при этом налипание почвы приводит к нарушениям в равномерности и норме высева, а также к значительному повышению тягового сопротивления за счет трения налипшей почвы о почвенный слой. При этом коэффициент трения начинает снижаться при влажности более 30 % так как имеет место эффект смазывания поверхности диска переувлажненными массами почвы [10].

Рисунок 3 отражает возможность увеличения границ зоны нормальной работоспособности системы «дисковый сошник» за счет покрытия дисков полимерными материалами. Это позволит снизить зависимость хозяйств от агротехнических сроков и позволит производить посевные работы в сухую почву с влажностью менее 11 % и в переувлажненную почву с влажностью свыше 24 % без нарушения режимов работы посевного агрегата.

Выводы. Применение полимерных материалов в виде покрытий или накладок на диски сошников сеялок, например [11], позволит повысить универсальность посевных агрегатов при переменных погодных условиях на любом этапе их использования, будь то посев ранней весной, посев, пересев и подкормка в течение года.

Дальнейшие исследования, посвященные испытанию взаимодействия полимерных материалов с почвой, могут быть полезны не только для сельского хозяйства и почвообрабатывающей техники, но и в других сферах жизнедеятельности человека.

Список литературы

1. Нотов Р.А. Исследование работы дисковых сошников сеялки с полимерным покрытием // Аграрный вестник Урала. – 2013. – №7(113). – С. 33-34.
2. Габаев А.Х. Конструктивно-технические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Габаев Алий Халисович. – Нальчик, 2017. – 19с.
3. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Применение полимерных противоналипающих листов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механика XXI века. – 2010. – № 9. – С. 112-114.
4. Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение / Издательство: КолосС. 2003 г. – 529 с.
5. Ероков М.Б. Исследование и обоснование режимов работы сошника зерновой сеялки в условиях повышенной влажности почвы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ероков Мурат Борисович. - Нальчик, 2000. - 153с.
6. Перепелкина С.Ю., Коваленко П.П., Печенко Р.В., Нуждин К.А. Методика исследования Трибологических характеристик материалов на машине трения // Изв. Вузов. Приборостроение. – 2016. – Т.59 – № 8. – С. 636-640.
7. Сарсенов А.Е. Повышение эффективности зерновой сеялки путем совершенствования конструкции сошника для улучшения распределения семян в почве: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Сарсенов Амангельды Естаевич. – Саратов, 2017. – 210с.
8. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование – 2016. – № 3 (43). – С. 238-245.
9. Технологам-Инженерам. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель. Физическая спелость почв / URL: <https://mehanizator-ua.ru/pochvenno-tekhnologicheskoe-rajonirovaniye-pakhotnykh-zemel/383-fizicheskaya-spelost-pochvy.html> (дата обращения 22.11.2019).
10. Механизмы и Технологии. Технологические свойства почвы / URL: <https://mehanik-ua.ru/lektsii-po-tekhnicheskim-temam/182-tekhnologicheskie-svoystva-pochvy.html> (дата обращения 22.11.2019).

11. Патент 190896 РФ, МПК А 01 С 7/20. Двухдисковый сошник / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Н.А. Мар'ин, А.К. Апажев, Р.А. Нотов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ. № 2019110459; заявл. 08.04.2019; опубл. 16.07.2015, Бюл. № 20.

References

1. Notov R.A. Issledovanie raboty diskovyh soshnikov seyalki s polimernym pokrytiem // Agrarnyj vestnik Urala. – 2013. – №7(113). – S. 33-34.
2. Gabaev A.H. Konstruktivno-tekhnicheskie resheniya povysheniya effektivnosti raboty seyalki v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Gabaev Alij Halisovich. – Nal'chik, 2017. – 19s.
3. Zen'kov S.A., Kozik A.S., Bujlov O.A. Primenenie polimernyh protivonalipayushchih listov dlya snizheniya adgezii gruntov k rabochim organam zemlerojnyh mashin // Mekhaniki XXI veku. – 2010. – № 9. – S. 112-114.
4. Muha V.D., Kartamyshev N.I., Muha D.V. Agropochvovedenie / Izdatel'stvo: KolosS. 2003 g. – 529 s.
5. Erokov M.B. Issledovanie i obosnovanie rezhimov raboty soshnika zernovoj seyalki v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Erokov Murat Borisovich. – Nal'chik, 2000. – 153s.
6. Perepelkina S.YU., Kovalenko P.P., Pechenko R.V., Nuzhdin K.A. Metodika issledovaniya Tribologicheskikh harakteristik materialov na mashine treniya // Izv. Vuzov. Priborostroenie. – 2016. – T.59 – № 8. – S. 636-640.
7. Sarsenov A.E. Povysenie effektivnosti zernovoj seyalki putem sovershenstvovaniya konstrukcii soshnika dlya uluchsheniya raspredeleniya semyan v pochve: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Sarsenov Amangel'dy Estaevich. – Saratov, 2017. – 210s.
8. Apazhev A.K., SHekihachev YU.A., Hazhmetov L.M. Modernizaciya zernovoj seyalki dlya raboty v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie – 2016. – № 3 (43). – S. 238-245.
9. Tekhnologam-Inzheneram. Pochvenno-tekhnologicheskoe rajonirovanie pahotnyh zemel'. Fizicheskaya spelost' pochvy / URL: <https://mehанизатор-ua.ru/pochvenno-tekhnologicheskoe-rajonirovanie-pakhotnykh-zemel/383-fizicheskaya-spelost-pochvy.html> (data obrashcheniya 22.11.2019).
10. Mekhanizmy i Tekhnologii. Tekhnologicheskie svoystva pochvy / URL: <https://mehанизатор-ua.ru/leksii-po-tekhnicheskim-temam/182-tekhnologicheskie-svoystva-pochvy.html> (data obrashcheniya 22.11.2019).
11. Patent 190896 RF, МПК А 01 С 7/20. Dvuhdiskovyy soshnik / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, N.A. Mar'in, A.K. Apazhev, R.A. Notov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Stavropol'skij GAU. № 2019110459; zayavl. 08.04.2019; opubl. 16.07.2015, Byul. № 20.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Нотов Руслан Ададьбиевич – инженер, соискатель кафедры «Технический сервис, стандартизация и метрология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь.

Лебедев Анатолий Тимофеевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь, e-mail: lebedev.1962@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Notov Ruslan – engineer, applicant for the department “Technical Service, Standardization and Metrology” of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol.

Anatoly Lebedev – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, e-mail: lebedev.1962@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 05.11.2019   Принята к публикации (Accepted): 23.12.2019