

УДК 631.312.02

Обоснование выбора технологических параметров упрочнения плужных лемехов электродуговой наплавкой

Слинко Дмитрий Борисович^{1,2}

maks52@inbox.ru

Афанасьев Андрей Вадимович²

afanasev0andr@gmail.com

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. Представлены результаты компьютерного моделирования условий работы плужного лемеха методом дискретных элементов (DEM) для различных эксплуатационных и технологических параметров, таких как скорость обработки почвы, материал лемеха, схема и материал нанесенных упрочняющих валиков. Проведен анализ полученных результатов и даны рекомендации для выбора наиболее эффективных технологических параметров упрочнения лемеха электродуговой наплавкой.

Ключевые слова: плужной лемех, упрочнение, наплавка, износостойкость, компьютерное моделирование, метод дискретных элементов

Rationale for the choice of technological parameters for hardening plow share by electric arc surfacing

Slinko Dmitry Borisovich^{1,2}

maks52@inbox.ru

Afanasyev Andrey Vadimovich²

afanasev0andr@gmail.com

¹ BMSTU, Moscow, Russia² FSAC VIM, Moscow, Russia

Abstract. This paper presents a computer simulation of the working conditions of a plowshare using DEM and CFD methods for various operational and technological parameters, such as tillage speed, plowshare material, hardfacing bead pattern, and hardfacing bead material. An analysis of the obtained results was performed to select the most effective technological parameters for hardfacing bead application.

Keywords: plowshare, hardening, surfacing, wear resistance, computer simulation

Введение. Значительная часть рабочих органов, более 60 %, теряют работоспособность по причине износа рабочих поверхностей, что приводит к простоям в работе и значительным материальным затратам [1]. Для борьбы с абразивным износом рабочих органов разработаны различные технологии, которые, в основном, основаны на эмпирических данных, поскольку механизмы, лежащие в их основе, недостаточно хорошо известны. Для изучения взаимодействия между почвой и режущими инструментами в последнее время стали широко использоваться методы компьютерного моделирования.

Материалы и методы. В данном исследовании для моделирования взаимодействия рабочих органов с почвой использовался метод дискретных элементов (DEM). Метод дискретных элементов является перспективным альтернативным численным подходом для моделирования взаимодействия рабочих органов с почвой [2]. В данном методе инструмент движется сквозь среду, представляющую из себя отдельные дискретные элементы (рис. 1). Преимуществом этого метода является возможность моделирования абразивного износа за счет использования закона Арчарда.

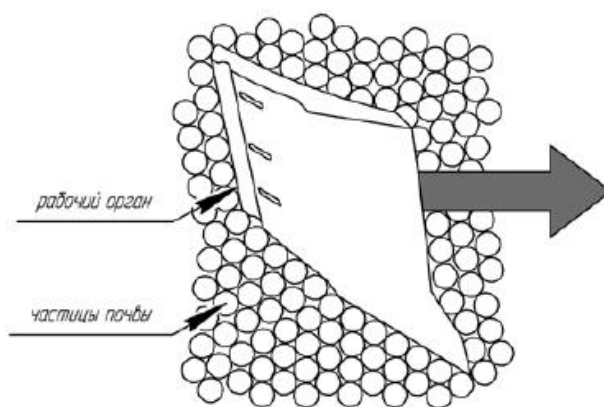


Рис. 1. Схема моделирования условий работы лемеха при помощи метода DEM

Силы на рабочих органах почвообрабатывающих орудий, рассчитанные с помощью этого метода, показали хорошую корреляцию с экспериментальными результатами [3].

Для моделирования условий работы плужных лемехов использовались физико-механические свойства сталей (45, 65Г и 30ХГСА) и суглинистой почвы, данные в виде износов сталей 45, 65Г и 30ХГСА, полученные в ходе лабораторных исследований на машине трения в работе [4], а также твердотельная модель лемеха, полученная сканированием лемеха плуга ПЛН ПЛЖ 31-702. При моделировании условий работы все лемеха проходили расстояние равное 550 км.

Для оценки влияния на износ лемехов с нанесенными валиками по различным схемам: с упрочняющей наплавкой валика вдоль лезвия (рис. 3, а) и с упрочняющей наплавкой прерывистыми валиками (рис. 3, б), разработанную на основе работы [5], были созданы 3D-модели лемеха плуга ПЛН ПЛЖ 31-702 с нанесенными упрочняющими валиками по соответствующим схемам наплавки. Геометрические размеры валиков (2 мм в высоту и 6 мм в ширину) были выбраны согласно данным работы [6].

Результатом компьютерного моделирования методом DEM являются деформированные 3D-модели, по сравнению с изначальными импортированными в программу. Изменение геометрии, полученных таким образом моделей, соответствует тому, как если бы реальные лемеха подверглись абразивному

изнашиванию в почвенной среде. Измеряемыми величинами при этом являются: объемный износ (при изначальном объеме лемеха — $647,65 \text{ см}^3$) и линейный износ (при изначальной длине носка лемеха — $195,16 \text{ мм}$).

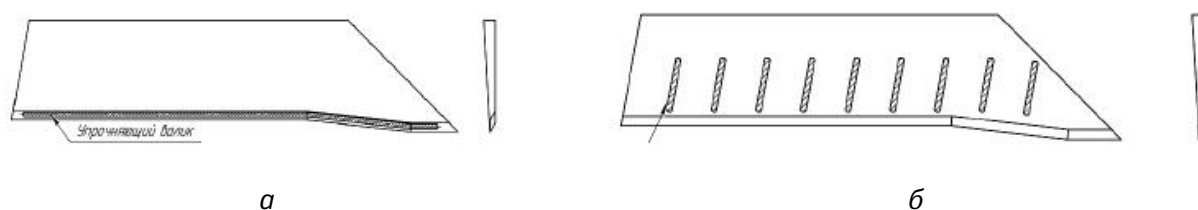


Рис. 3. Схемы наплавки валиков:
а — вдоль лезвия; б — прерывистыми валиками

Результаты. Для оценки влияния материала лемеха на его износ было проведено моделирование условий работы лемехов при скорости обработки почвы 9 км/ч без упрочняющей наплавки в заводском исполнении (сталь 30ХГСА) и лемехов, изготовленных из сталей 45 и 65Г. На рис. 4 и 5 представлены результаты моделирования.

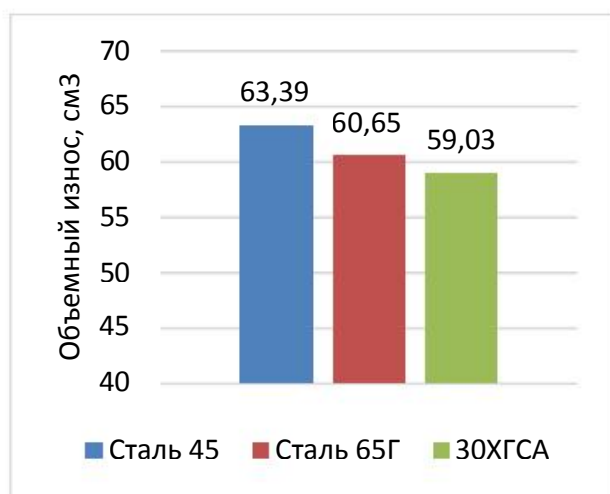


Рис. 4. Объемный износ лемехов в зависимости от материала лемеха

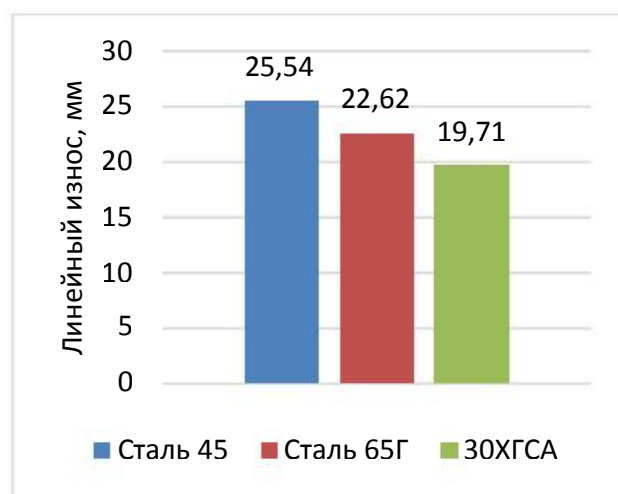


Рис. 5. Линейный износ лемехов в зависимости от материала лемеха

Для оценки влияния скорости обработки на износ лемеха было проведено моделирование условий работы лемеха в заводском исполнении для трех вариантов скоростей: 6 , 9 и 12 км/ч . Результаты компьютерного моделирования в виде объемного износа и линейного износа носка лемеха представлены на рис. 6 и 7.

Для оценки влияния различных схем наплавки и материалов наносимых валиков на износ лемеха было проведено компьютерное моделирование условий работы лемеха из стали 30ХГСА при скорости 9 км/ч при помощи имеющихся 3D-моделей лемеха ПЛЖ 31-702. Схема 1 — это лемех в заводском исполнении без упрочняющей наплавки, схема 2 — лемех с нанесенным валиком вдоль лезвия, согласно рисунку 3, а, а схема 3 — лемех с нанесенными прерыв-

вистыми валиками, согласно рисунку 3, б, при этом в качестве материалов валиков использовались проволоки 30ХГСА (45HRC) и EnDOtecDO*30 (65HRC). На рис. 8 и 9 и представлены результаты моделирования.

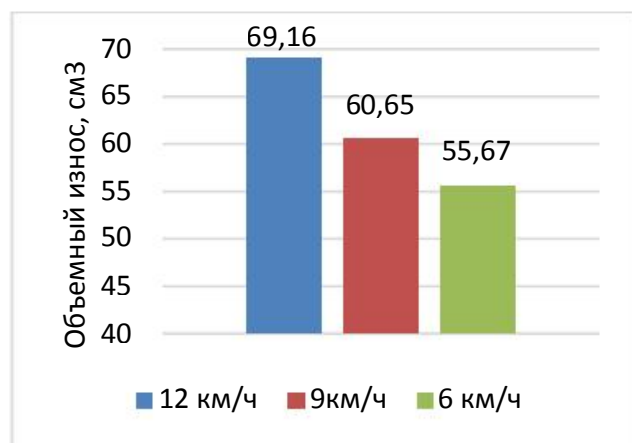


Рис. 6. Объемный износ лемехов в зависимости от скорости обработки почвы

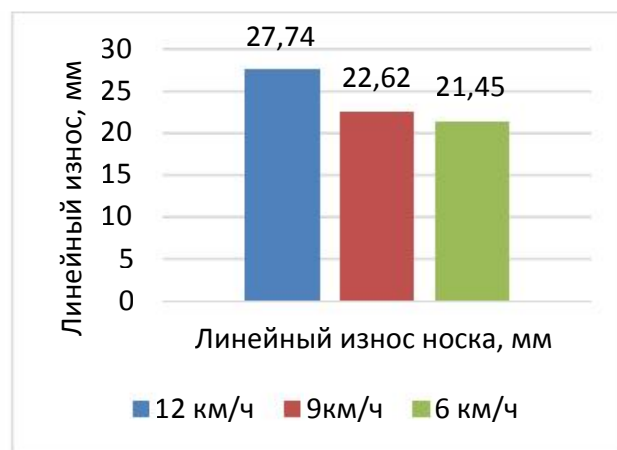


Рис. 7. Линейный износ лемехов в зависимости от скорости обработки почвы

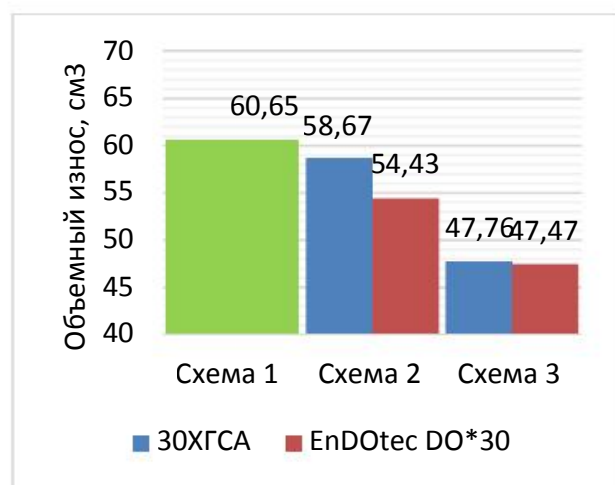


Рис. 8. Объемный износ лемехов в зависимости от схемы упрочнения и материала нанесенных валиков

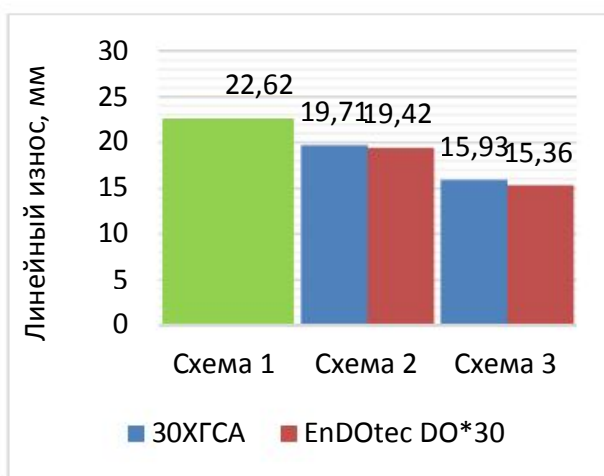


Рис. 9. Линейный износ лемехов в зависимости от схемы упрочнения и материала нанесенных валиков

Обсуждение полученных результатов. Согласно полученным данным по износу лемехов, выполненных из различных материалов (рис. 3 и 4), наибольший износ характерен для лемеха, выполненного из стали 45 (линейный износ — 13 %, объемный износ — 10 %), а наименьший — для лемеха, выполненного в заводском исполнении из стали 30ХГСА (линейный износ — 10 %, объемный износ — 9 %).

Анализ данных по износу лемехов при различных скоростях обработки почвы (рис. 5 и 6) показывает, что при увеличении скорости обработки почвы с 6 до 9 км/ч линейный и объемный износы лемеха увеличиваются

незначительно — на 5 и 8 % соответственно, в то время как при увеличении скорости обработки — с 9 до 12 км/ч линейный и объемный износы лемеха увеличиваются достаточно сильно — на 23 и 14 % соответственно. С учетом выше изложенного следует, что наиболее оптимальным режимом работы лемеха является скорость 9 км/ч.

Исходя из результатов моделирования условий работы лемехов с различными схемами наплавки (рис. 7 и 8) следует заключить, что при упрочнении лемеха валиками, выполненными из стали 30ХГСА, по схеме наплавки валиков вдоль лезвия (рис. 3, а) линейный и объемный износы меньше на 13 и 3 % соответственно, чем для лемеха без упрочнения, а при упрочнении лемеха валиками по схеме наплавки прерывистыми валиками (рис. 3, б) линейный и объемный износы минимальны и меньше на 30 и 21 % соответственно, чем для лемеха без упрочнения. Следовательно нанесение валиков по схеме наплавкой прерывистыми валиками из стали 30ХГСА приводит к меньшему линейному и объемному износу в среднем на 19 % по сравнению с нанесением валиков вдоль лезвия.

Для лемеха, упрочненного нанесением валиков вдоль лезвия, выполненных проволокой марки EnDOtecDO*30 линейный и объемный износы меньше на 2 и 7 % соответственно по сравнению с лемехом с такой же схемой наплавки, но выполненной проволокой из стали 30ХГСА (рис. 7 и 8). А при упрочнении лемеха прерывистой наплавкой валиков при использовании проволоки EnDOtecDO*30 линейный и объемный износы уменьшаются на 3,5 и 1 % соответственно по сравнению с лемехом с такой же схемой наплавки, но выполненной из стали 30ХГСА. Таким образом, использование более износостойкой проволоки при упрочнении лемехов приводит к повышению износостойкости. Однако для схемы наплавки прерывистыми валиками объемный износ уменьшается значительней, вследствие использования более износостойких материалов, чем для схемы наплавки валика вдоль лезвия, при этом износостойкость лемехов, упрочненных прерывистой наплавкой, по сравнению с лемехом в заводском исполнении остается больше.

Заключение. Согласно результатам компьютерного моделирования линейный и объемный износы лемеха для стали 30ХГСА минимальны и составляют 10 и 9 % соответственно, в то время как для стали 45 эти показатели минимальны и равны 13 и 10 % соответственно. При увеличении скорости обработки с 6 до 9 км/ч линейный и объемный износы лемеха в заводском исполнении (без наплавки) увеличиваются на 5 и 8 % соответственно. Однако при повышении скорости обработки до 12 км/ч эти износы значительно увеличивается на 23 и 14 % соответственно. При упрочнении лемеха по схеме наплавки прерывистых валиков поперек лезвия линейный и объемные износы минимальны и на 30 и 21 % меньше по сравнению с лемехом без упрочнения и в среднем на 19 % меньше по сравнению с нанесением валиков вдоль лезвия. При использовании более износостойкой проволоки EnDOtecDO*30 для упрочнения лемехов по схемам нанесения прерывистых валиков и валиков вдоль лезвия линейный износ уменьшается на 3,5 и 2 % соответственно, чем

для упрочнения с использованием проволоки из стали 30ХГСА. Однако объемный износ для этих схем наплавки уменьшается на 1 и 7 % соответственно.

Список источников

- [1] Слинко Д.Б., Денисов В.А., Добрин Д.А., Афанасьев А.В., Кислов П.М. Повышение эффективности технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин электродуговой наплавкой износостойкими валиками. *Технический сервис машин*, 2020, т. 58, № 1 (138), с. 176–185.
- [2] Stafford J.V. An application of critical state soil mechanics: The performance of rigid tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1981, vol. 26, no. 5, pp. 387–401.
- [3] Karmakar S., Ashrafizadeh S.R., Kushwaha R.L. Experimental validation of computational fluid dynamics modeling for narrow tillage tool draft. *Journal of Terramechanics*, 2009, vol. 46 (6), pp. 277–283.
- [4] Миронов Д.А. *Обоснование конструктивно-материаловедческих параметров, обеспечивающих повышение ресурса и работоспособности лемешных рабочих органов*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2017, 235 с.
- [5] Ожегов Н.М., Капошко Д.А., Будко С.И. Методы снижения изнашивающей способности почвы при трении деталей почвообрабатывающих машин. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, 2009, № 13, с. 132–133.
- [6] Афанасьев А.В., Слинко Д.Б., Денисов В.А. Компьютерное моделирование условий работы дисков борон. *Технический сервис машин*, 2024, т. 62, № 2, с. 71–76.
<https://doi.org/10.22314/2618-8287-2024-62-2-71-76>