Тип статьи: научная
УДК 631.312.02.31.02
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-2-46-53

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СКОРОСТНОГО ПЛУГА ПСКУ

Александр Михайлович Михальченков [1], Юрий Игоревич Филин [2], Наталья Васильевна Петракова [3]
[1,2,3] *Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Россия*
[1] mihalchenkov.alexandr@yandex.ru, [2] rock2032@rambler.ru, [3] feskovwork@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Александр Михайлович Михальченков, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru
Corresponding author: Alexander Mikhalchenkov, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Реферат. *В последние годы широко применяются скоростные плуги отечественного производства. Ресурс деталей рабочих органов и их долговечность нельзя считать достаточными, хотя эти показатели сравнимы с аналогичными для ввозимых в страну плугов. Целью исследований стала разработка технологий упрочнения и восстановления деталей рабочих органов скоростных плугов серии ПСКу, основанных на геометрической форме износов. Опытными образцами при создании технологий восстановления и упрочнения стали конструктивные элементы рабочих органов как в состоянии поставки, так и снятые с эксплуатации. В качестве материалов применялись электроды различного назначения, а также композиционный абразивостойкий материал, разработанный в Брянском ГАУ. Опытные детали испытывались в натурных условиях при вспашке суглинистых почв. Контролировалось 24 изделия каждого наименования. Наработка составляла 25 га на корпус. В результате проведенной работы показано, что лучевидный износ устраняется заплавкой электродами, обеспечивающими абразивостойкое покрытие. Если остаточная толщина износа составляет 2 мм и присутствует сквозное протирание, их устранение производится наплавкой по предварительно уложенным электродам или нанесением абразивостойкого эпоксидно-песчаного композита. Для упрочнения следует проводить наплавочное армирование поверхностей наиболее вероятного появления износа и участков, подвергшихся технологическим воздействиями при восстановлении, а также осуществлять упрочняющую наплавку тыльной стороны левых и вертикальных ножей.*

Ключевые слова: *скоростная вспашка, плуг ПСКу, технологии упрочнения, технологии восстановления, левый нож, правый нож, вертикальный нож, отвал, ресурс, долговечность.*

SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGIES FOR STRENGTHENING AND RESTORING PARTS OF THE WORKING BODIES OF THE HIGH-SPEED PLOW OF THE PSKU

Alexander Mikhalchenkov [1], Yuri Filin [2], Petrakova Natalia [3]
[1,2,3] *Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia*
[1] mihalchenkov.alexandr@yandex.ru, [2] rock2032@rambler.ru, [3] feskovwork@gmail.com

Abstract. *High-speed plows of domestic production have been widely used in recent years. The resource of parts of the working bodies and their durability cannot be considered sufficient, although these indicators are comparable with those for plows imported into the country. The aim of the research was the development of technologies for strengthening and restoring parts of the working bodies of high-speed plows of the PSKu series, based on the geometric shape of wear. Structural elements of the working bodies, both in the state of delivery and decommissioned, became prototypes for the creation of restoration and hardening technologies. Electrodes for various purposes, as well as a composite abrasive-resistant material developed at the Bryansk State Agrarian University, were used as materials. The experimental parts were tested in full-scale conditions when plowing loamy soils. 24 products of each*

name were monitored. The operating time was 25 hectares per case. As a result of the work performed, it is shown that radial wear is eliminated by welding with electrodes that provide an abrasion-resistant coating. If the residual wear thickness is 2 mm and through-wiping is present, their elimination is carried out by surfacing on pre-installed electrodes or by applying an abrasive-resistant epoxy-sand composite. For hardening, it is necessary to carry out surfacing reinforcement of the surfaces of the most likely occurrence of wear and areas that have been subjected to technological influences during restoration, as well as to carry out a strengthening surfacing of the back of the left and vertical knives.

Key words: *high-speed plowing, PSKu plow, hardening technologies, recovery technologies, left knife, right knife, vertical knife, blade, resource, durability.*

Для цитирования: Михальченков А.М., Филин Ю.И., Петракова Н.В. Обоснование технологий упрочнения и восстановления деталей рабочих органов скоростного плуга ПСКу // Наука в Центральной России. 2023. Т. 62, № 2. С. 46-53. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-46-53.

For citation: Mikhalchenkov A., Filin Yu., Petrakova N. Substantiation of technologies for strengthening and restoring parts of the working bodies of the high-speed plow of the PSKu. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 62(2): 46-53. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-46-53.

Введение. Широкое применение плугов импортного исполнения в определенный период потеснило отечественных производителей [1,2] в силу их более высоких качественных, эксплуатационных и агротехнических показателей [3,4]. В настоящее время в связи со сложившейся экономической ситуацией российские предприятия приступили к выпуску скоростных плугов серии ПСКу, ни в чем не уступающих зарубежным аналогам. Более того, производство и эксплуатация этих почвообрабатывающих орудий показали лучшие технологичность и экономичность в сравнении с импортируемыми. В частности, расход топлива при пахоте плугами ПСКу ниже, чем у изделий зарубежных производителей при прочих равных условиях. Нужно отметить, что конструктивно рабочие органы отечественных скоростных плугов значительно отличаются от широко применяемых оборотных. Рабочий орган ПСКу состоит из левого ножа, правого ножа, вертикального ножа и отвала, которые выполняют функциональное назначение оборотного плуга с соблюдением агротехнических условий. Ресурс рабочего органа достаточно высок и определяется наработкой до предельного состояния верхнего ножа и составляет около 25 га на рабочий орган при вспашке легких суглинков [5]. Ряд исследователей [6,7] указывает на возможность и необходимость проведения упрочнения и восстановления выше названных конструктивных элементов. Однако работы, направленные на разработку технологий реновации деталей плуга ПСКу после эксплуатации малочисленны и не всегда отвечают современным требованиям [8,9].

Поэтому целью исследований стала разработка технологий упрочнения и восстановления деталей рабочих органов скоростных плугов серии ПСКу, основанных на геометрической форме износов и их расположении на конструктивном элементе.

Материалы и методы. Исходными образцами при разработке технологий восстановления и упрочнения явились изношенные конструктивные элементы, снятые по причине предельного состояния корпуса. Для упрочнения использовались детали в состоянии поставки. Причем левый и вертикальный ножи относятся к оборотным. При проведении технологических операций применялись следующие материалы: 1. Электроды для сварки углеродистых сталей марок УОНИ 13/55; 2. Электроды, обеспечивающие высокую твердость (около 60 HRC) наплавленного слоя с присутствием в нем карбоборидов и карбидов железа (электроды для противоабразивной наплавки – Т-590); 3. Электроды, обеспечивающие твердость валиков не менее 40HRC, например ОЗН-400М; 4. Абразивостойкий композиционный материал, состоящий из дисперсного наполнителя в виде кварцевого песка (60 мас.ч.) и эпоксидного состава (эпоксидная смола 100 мас.ч., отвердитель (полиэтиленполиамин) 10 мас.ч.) – 40 мас.ч.

Параметры режимов наплавки и наплавочного армирования: электроды УОНИ 13/55 – диаметр (d)=4 мм, сила сварочного тока ($I_{св}$) = 170А; электроды Т-590 – d=4мм, $I_{св}$=200-220А; электроды ОЗН-400М - d=4мм, $I_{св}$=140-160А.

Композит наносится вручную на подготовленную поверхность, обработанную растворителем, и отверждается в течении 24 часов при температуре 20-25·˚С.

Испытания проводились в полевых условиях при вспашке суглинистых почв. Контролировалось 24 изделия, согласно изучаемой номенклатуре.

Разработка технологий базировалась на работах, проведенных учеными Брянского ГАУ, посвященных исследованиям специфики изнашивания и геометрии износа деталей рабочего органа плуга ПСКу [10,11].

Наработка до предельного состояния корпуса, определяемая наличием предельного износа вертикального ножа, составляла 25 га.

Результаты и их обсуждение. Учитывая специфичность геометрии изнашивания, каждая деталь корпуса будет рассматриваться отдельно.

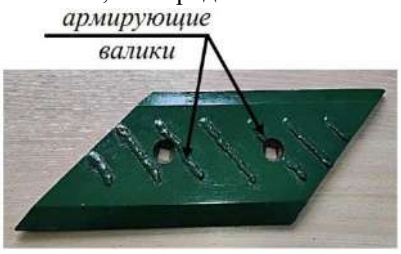
Нож левый. Все ножи имели лучевидный износ рабочей поверхности (рисунок 1), который наиболее заметно выражен в заглубляющей области (обведено овалом). Он находится в зоне между подрезающими частями, что обусловлено их термоупрочнением на твердость 40HRC и наплавкой тыльной стороны лезвия сормайтом. К характерным дефектам левых ножей относится износ лезвийной области.

Рисунок 1 – Износы эксплуатируемой поверхности левого ножа: лучевидный; лезвия

Снижение темпа изнашивания рабочей поверхности изделия в состоянии поставки (упрочнение) достигается применением наплавочного армирования, когда на поверхности контактирования формируются валики с твердостью 38 – 40HRC (электроды ОЗН-400М) (рисунок 2 а). При этом соблюдается правила Шарпи [12]. Валики располагаются перпендикулярно полевому обрезу и наплавляются с шагом 30-35 мм.

Лучевидный износ (точнее область его наибольшей величины) осуществляется заплавкой электродами УОНИ-13/55 до достижения толщины 5 - 6 мм, оговоренной техническими условиями (рисунок 2 б). Восстановление сопровождается проведением наплавочного армирования всей рабочей поверхности по примеру процесса, описанному выше.

Кроме того, следует наплавить упрочняющее покрытие на тыльную область лезвийной части шириной 8-10 мм, электродами Т-590.



а)

б)

а – упрочненный наплавочным армированием в состоянии поставки; б – восстановленный с упрочнением наплавочным армированием

Рисунок 2 – Технологические операции по увеличению ресурса и долговечности левого ножа:

Лучевидный износ необходимо устранять строго обязательно, из-за того, что при обороте изделия его не рабочее состояние будет достигаться за сравнительно короткое время эксплуатации.

Нож правый. Правые ножи имеют лучевидный износ в области полевого обреза (рисунок 3) в двух сечениях. Нередко ее развитие приводит к излому заглубляющей части.

Наряду с этим в процессе эксплуатации изнашивается режуще – лезвийная часть. Тем не менее контролируемые детали сохраняли заточку и наплавленный с тыльной стороны слой материала твердостью около 70HRC шириной 8-10 мм. Это делает возможным их детальнейшее использование, так как ширина абразивостойкого слоя у деталей заводского исполнения составляет 20 мм.

Рисунок 3 – Нож правый с лучевидным износом

Устранение лучевидного износа осуществляется заплавкой электродами, обеспечивающими твердость не менее 60HRC с присутствием в структуре карбоборидов (например, Т-590) (рисунок 4).

Рисунок 4 – Восстановленный нож

Нож вертикальный. Такие детали конструктивно сложны, так как имеют изогнутый геометрический профиль (рисунок 5), который оказывает влияние на выбор технологического приема упрочнения и восстановления. Данные детали в состоянии поставки упрочняются с тыльной стороны лезвийной области. Вертикальный нож подвергается значительным силовым нагрузкам со стороны почвы (по сравнению с другими элементами корпуса) и снижает влияние абразивной массы на степень изнашивания отвала. Утрата им работоспособности приводит к прекращению эксплуатации всего корпуса, так как интенсивность изнашивания данной детали значительно превышает этот показатель у других конструктивных элементов.

Рисунок 5 - Вертикальный нож с лучевидным износом и локальным полным истиранием полевого обреза

Характерными дефектами вертикального ножа являются: а- лучевидный износ; б – износ полевого обреза; в – износ полевого обреза с локальным сквозным протиранием

Лучевидный износ (по примеру левых ножей) заплавляется электродными материалами, обеспечивающими твердость сформированного материала не менее 40HRC (ОЗН-400М). Для

увеличения межремонтного ресурса применяется способ упрочнения наплавочным армированием восстановленной зоны теми же электродами, которые применяются для устранения лучевидного износа (рисунок 6 а). Техника нанесения валиков остается такой же, как и у левых ножей. После восстановления следует провести наплавку полевого обреза с тыльной стороны электродом, обеспечивающим абразивостойкий слой (Т-590) (рисунок 6 б).

а) б)

Рисунок 6 – Вертикальный нож: а – после заплавки износа и наплавочного армирования рабочей поверхности; б – наплавленный валик с тыльной стороны полевого обреза

Зона вероятного износа рабочей поверхности вертикальных ножей в состоянии поставки перед эксплуатацией рекомендуется армировать аналогично восстанавливаемым деталям. Также следует провести упрочняющую наплавку тыльной стороны полевого обреза с твердостью валика около 60HRC.

Нередко остаточная толщина области полевого обреза ножа может достигать значений около 1мм, что исключает применение наплавочных методов устранения износа из-за «прожигания» области наплавки. Кроме этого, установлено, что около 20% обследованных деталей имеют сквозные протирания. В этом случае рекомендуется применять абразивостойкие дисперснонаполненные клеевые композиты. (Технология использования которых дана выше). При наличии сквозных протираний их заделка производится с использованием пластиковой строительной сетки с размером ячеек 0,1-0,2 мм [13].

Износ лезвийной области ножа отсутствует вследствие наплавленного на тыльной поверхности слоя твердостью около 70 HRC.

Отвал. Наблюдения за отвалами в период их эксплуатации позволили установить, что характерным дефектом является специфический по форме износ рабочей поверхности (рисунок 7).

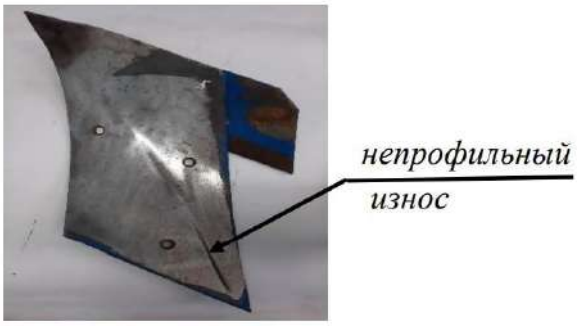
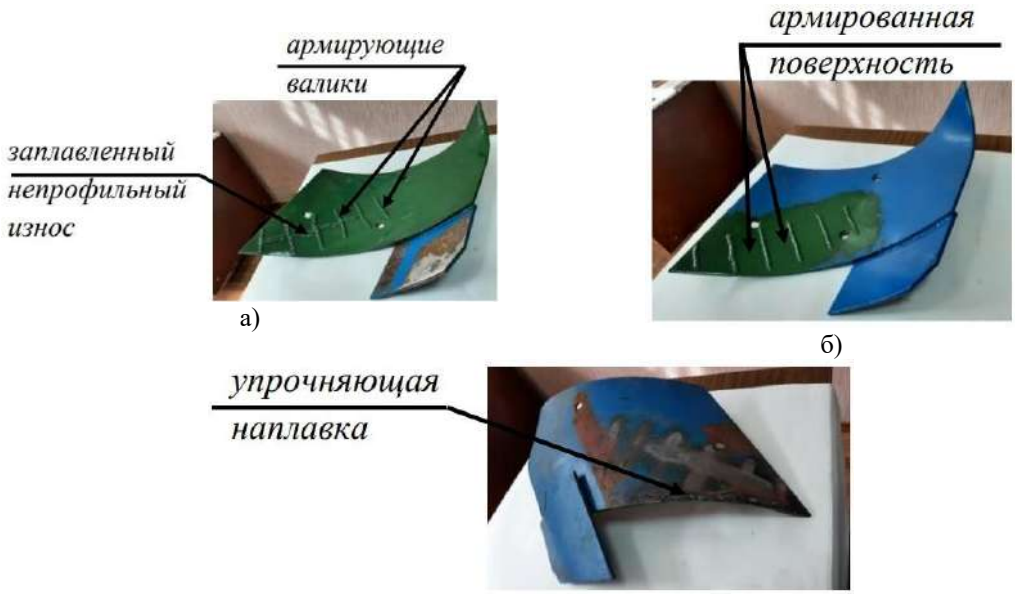


Рисунок 7 – Отвалы плуга ПСКу с дефектом рабочей поверхности в виде непрофильного износа

Наличие максимального износа по толщине в 8 мм позволяет проводить его заплавку без риска «прожигания» металла отвала электродом, обеспечивающим 38-40HRC наплавленного металла (ОЗН-400М) (рисунок 8 а). В случае, когда остаточная толщина менее 2 мм для устранения износа нужно использовать метод заплавки по предварительно уложенным электродам [14] или применять эпоксидные абразивостойкие композиты [13].

В качестве дополнительной меры и исходя из опыта практического использования данных деталей для повышения послеремонтного ресурса после их восстановления следует дополнительно провести наплавочное армирование участка, подвергшегося технологическим

воздействиям путем формирования валиков перпендикулярно перемещению почвы с шагом 35-40 мм. Реализация технологии осуществляется электродом ОЗН-400М.



а) б) в)

Рисунок 8 – Отвалы: а – в состоянии поставки упрочненный наплавочным армированием; б – восстановленный заплавкой лучевидного износа и упрочненный наплавочным армированием; в – восстановленный и упрочненный наплавочным армированием с наплавкой упрочняющего валика с тыльной стороны.

Для снижения интенсивности изнашивания отвалов в состоянии поставки целесообразно предварительное наплавочное армирование на рабочей поверхности вероятной области расположения непрофильного износа электродом ОЗН-400М (рисунок 8 б).

Кроме того, следует проводить упрочняющую наплавку на тыльной стороне полевого обреза использованием электрода Т-590 (рисунок 8 в), что позволит повысить стойкость этого участка к абразивному изнашиванию.

Применение описанных выше технологий упрочнения и восстановления деталей рабочих органов скоростных плугов серии ПСКу позволило увеличить их ресурс в 1,5 раза и повысить долговечность в 1,8-2 раза.

Выводы:

1. Устранение лучевидного износа производится его заплавкой электродами, обеспечивающими твердость нанесенного слоя 40HRC и 60HRC в зависимости от специфики изнашивания и нагруженности восстанавливаемого участка детали.
2. Для увеличения ресурса конструктивных элементов заводского исполнения следует проводить наплавочное армирование поверхностей наиболее вероятного появления износа. Также необходимо армировать области, подвергающиеся технологическим воздействиями при восстановлении изделий.
3. Следует проводить наплавку тыльной стороны левых и вертикальных ножей электродами, предназначенными для получения абразивостойкого слоя шириной до 20 мм.
4. В случае наличия лучевидного износа с остаточной толщиной менее 2 мм и наличием сквозного протирания для их устранения используются наплавка по предварительно уложенным электродам или применяется абразивостойкий дисперснонаполненный эпоксидно-песчаный композит.

Список источников

1. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Валежникова Е.В., Парамонов Д.П. Об оценке эффективности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. - 2013. - № 4. - С. 99-106.

2. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. - 2015. - № 11. - С. 6-9.

3. Козарез И.В., Михальченкова М.А., Гуцан А.А., Михальченко И.А., Шишкина И.В. Характеристика лемехов импортного производства и приобретенные дефекты // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. - 2021. - № 1. - С. 70-84.

4. Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С. Результаты исследований эксплуатационных показателей импортных тракторов с прицепным лемешно-отвальным плугом // Аграрный научный журнал. - 2022. - № 8. - С. 72-75.

5. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Багринцев О.О. Исследование износостойкости рабочих органов скоростных плугов модели ПСКу // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2021. - № 4 (32). - С. 52-60.

6. Орехова Г.В., Шаев А.В., Астапеченко А.М., Ковалев А.С. Заводская технологичность левых ножей скоростных плугов серии ПСКу, их износы, методы торможения и устранения // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. - 2022. - № 1. - С. 46-53.

7. Титов В.Н., Бочкарева Ю.В. Конструктивные особенности усовершенствованного корпуса плуга "ПСКу" // АгроЭкоИнфо. - 2018. - № 3 (33). - С. 59.

8. Ульянова Н.Д., Михальченко И.А., Обыденников Д.Ю., Шаев А.В. Анализ износов правого и вертикального ножей скоростного плуга ПСКу и методы по увеличению их долговечности // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. - 2022. - № 1. - С. 54-65.

9. Михальченков А.М., Феськов С.А., Зорин А.А., Аниканов А.А., Чуев А.С. Дефекты деталей рабочего органа скоростных плугов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 3 (85). - С. 41-46.

10. Михальченков А.М., Синяя Н.В., Случевский А.М., Кожухова Н.Ю. Износы правого ножа скоростного плуга ПСКу и технологические мероприятия по увеличению его долговечности // Технический сервис машин. - 2021. - № 3 (144). - С. 122-129.

11. Михальченков А.М., Феськов С.А., Дьяченко А.В., Гринь А.М. Техническое состояние и износы левых ножей скоростных плугов серии ПСКу, методы их торможения и устранения // Агроинженерия. 2021. - № 6 (106). - С. 56-61.

12. Шморгун В.Г., Слаутин О.В., Кулевич В.П., Артемьев А.А., Харламов В.О., Чукова О.М. Исследование износостойкости слоистых металлоинтерметаллидных композитов системы CU-AL // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2021. - № 6 (253). - С. 18-26.

13. Бирюлина Я.Ю. Устранение сквозных износов лап культиваторов "моррис" клееполимерными композитами // Труды ГОСНИТИ. - 2015. - Т. 119. - С. 264-268.

References

1. Erokhin M.N., Novikov V.S., Valezhnikova E.V., Paramonov D.P. On the assessment of the effectiveness of the working bodies of soil-cultivating machines // Izvestiya of the Academy of Engineering Sciences. A.M. Prokhorov. - 2013. - No. 4. - S. 99-106.

2. Erokhin M.N., Novikov V.S., Petrovsky D.I. Forecasting the resource of working bodies of soil-cultivating machines // Sel'skii mekhanizator. - 2015. - No. 11. - S. 6-9.

3. Kozarez I.V., Mikhalchenkova M.A., Gutsan A.A., Mikhalchenko I.A., Shishkina I.V. Characteristics of imported shares and acquired defects // Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. - 2021. - No. 1. - S. 70-84.

4. Boikov V.M., Startsev S.V., Pavlov A.V., Nesterov E.S. Results of studies of the performance indicators of imported tractors with a trailed share-moldboard plow // Agrarian scientific journal. - 2022. - No. 8. - S. 72-75.

5. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Bagrintsev O.O. Investigation of the wear resistance of the working bodies of high-speed plows of the PSKu model // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. - 2021. - No. 4 (32). - S. 52-60.

6. Orekhova G.V., Shaev A.V., Astapechenko A.M., Kovalev A.S. Factory manufacturability of the left knives of high-speed plows of the PSKu series, their wear, methods of braking and elimination // Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. - 2022. - No. 1. - S. 46-53.

7. Titov V.N., Bochkareva Yu.V. Design features of the improved plow body "PSKu" // AgroEcoInfo. - 2018. - No. 3 (33). - S. 59.

8. Ulyanova N.D., Mikhalchenko I.A., Obydennikov D.Yu., Shaev A.V. Analysis of the wear of the right and vertical knives of the high-speed plow PSKu and methods to increase their durability // Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. - 2022. - No. 1. - S. 54-65.

9. Mikhalchenkov A.M., Feskov S.A., Zorin A.A., Anikanov A.A., Chuev A.S. Defects in parts of the working body of high-speed plows // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. - 2021. - No. 3 (85). - S. 41-46.

10. Mikhalchenkov A.M., Sinya N.V., Sluchevsky A.M., Kozhukhova N.Yu. Wear of the right knife of the high-speed plow PSKu and technological measures to increase its durability // Technical service of machines. - 2021. - No. 3 (144). - S. 122-129.

11. Mikhalchenkov A.M., Feskov S.A., Dyachenko A.V., Grin A.M. Technical condition and wear of the left knives of high-speed plows of the PSKu series, methods of their braking and elimination // Agroengineering. 2021. - No. 6 (106). - S. 56-61.

12. Shmorgun V.G., Slautin O.V., Kulevich V.P., Artemiev A.A., Kharlamov V.O., Chukova O.M. Investigation of the wear resistance of layered metal-intermetallic composites of the CU-AL system. Bulletin of the Volgograd State Technical University. - 2021. - No. 6 (253). - S. 18-26.

13. Biryulina Ya.Yu. Elimination of through wear of paws of "Morris" cultivators with adhesive-polymer composites // Proceedings of GOSNITI. - 2015. - T. 119. - S. 264-268.Сведения об авторах

Информация об авторах

А.М. Михальченков – доктор технических наук, профессор; Ю.И. Филин - кандидат технических наук, старший преподаватель; Н.В. Петракова - кандидат педагогических наук, доцент.

Information about the authors

A. Mikhalchenkov - Doctor of Technical Sciences, Professor; Yu. Filin - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer; N. Petrakova - Candidate of Pedagogical Sciences.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 17.10.2022 Принята к публикации (Accepted): 19.04.2023