


ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.312.021.3/620.178

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-6-56-61

**ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗНОСЫ
ЛЕВЫХ НОЖЕЙ СКОРОСТНЫХ ПЛУГОВ СЕРИИ ПСКУ,
МЕТОДЫ ИХ ТОРМОЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ****МИХАЛЬЧЕНКОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ** , д-р техн. наук, профессорmihalchenkov.alexandr@yandex.ru ; <https://orcid.org/0000-0003-3104-2548>**ФЕСЬКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

feskovwork@gmail.com

ДЬЯЧЕНКО АНТОН ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

avdyachenkoo@mail.ru

ГРИНЬ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ, канд. экон. наук, доцент

grin-970@mail.ru

Брянский государственный аграрный университет; 243365, Российская Федерация, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, 2А

Аннотация. Вспашка с высокими скоростями заставляет конструкторов существенно изменить конструкцию деталей рабочего органа плуга. Подобные изменения существенно сказались на специфике износов и на создании технических процессов восстановления и упрочнения данных изделий. В конструкции рабочего органа предусмотрен лемех, функцию которого выполняет левый нож. В исследовании произведен контроль технического состояния рабочего органа плуга серии ПСКУ, исследована геометрия, место расположения и величины износов, предложена технология восстановления и упрочнения. В качестве критериев износа, определяющих выбор метода восстановления, использовались остаточные величины толщины и ширины. Их контроль осуществлялся штангенциркулем и штангенрейсмасом. В качестве критерия механических свойств материала детали использовалась твердость, измеренная методом Роквелла (HRC). Исследование плугов при скоростной вспашке показало изнашивание достаточно сложной геометрии, обусловленной спецификой силового воздействия почвы. Этот дефект необходимо устранять, поскольку при обороте детали вероятность образования предельного износа по толщине возрастает. Предложено износ левого ножа устранять путем заправки электродом с малоуглеродистым стержнем и последующим упрочнением наплавочным армированием. Экспериментально установлено, что для ножа с лезвием 45...54 HRC износ по толщине составил около 7 мм, а по ширине – не более 8 мм, что обусловлено присутствием на тыльной стороне наплавочного слоя твердостью 73...74 HRC. Качественная термическая обработка обеспечивает повышение стойкости детали к абразивному изнашиванию. Для левых ножей целесообразно применять заправку электродом с малоуглеродистым стержнем и последующее упрочнение наплавочным армированием.


Ключевые слова: скоростная вспашка, плуг, абразивное изнашивание, восстановление, упрочнение, левый нож, наплавка, наплавочное армирование.

Формат цитирования: 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. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-56-61>.

© Михальченков А.М., Феськов С.А., Дьяченко А.В., Гринь А.М., 2021



ORIGINAL PAPER

**TECHNICAL CONDITION AND WEAR OF THE LEFT-SIDE KNIVES
OF PSKU-SERIES SPEED PLOWS, METHODS OF BRAKING
AND WEAR MINIMIZING****ALEKSANDR M. MIKHALCHENKOV** , DSc (Eng), Professormihalchenkov.alexandr@yandex.ru ; <https://orcid.org/0000-0003-3104-2548>**SERGEY A. FESKOV**, PhD (Eng), Associate Professor

feskovwork@gmail.com

ANTON V. DYACHENKO, PhD (Eng), Associate Professor

avdyachenkoo@mail.ru

ALEKSANDR M. GRIN, PhD (Econ), Associate Professor

grin-970@mail.ru

Bryansk State Agrarian University; 2A, Sovetov Str., Kokino, Vygonichi district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

Abstract. High-speed plowing forces significant changes in the design of the working elements of the plow. Such changes greatly affected the wear pattern and, consequently, called for modified technical processes of restoring and strengthening. The working body design includes a plowshare, the function of which is performed by the left-side knife. The research purpose was to control the technical condition of the above-mentioned parts of the PSKu-series plow; study the geometry, location, and magnitude of wear; and develop restoration and hardening technologies. The residual values of thickness and width were used as the criteria for wear since they influence the recovery method. These values were controlled by standard measuring instruments – calipers and height gauges. The hardness measured by the Rockwell method (HRC) was used as a criterion for the mechanical properties of the construction material. Studies have shown that the wear on the working surfaces has a rather complex geometry, which is associated with the specifics of the force action of the soil. This defect should be eliminated because the probability of extreme wear in thickness increases when the part rotates. The authors proposed that the wear on the left-side knife should be eliminated by patching with a low-carbon electrode and subsequent hardening with surfacing reinforcement. It has been experimentally established that the wear amounts to about 7 mm in thickness and no more than 8 mm in width for a knife with a 45...54 HRC blade. The wear is caused by a hard-facing layer with a hardness of 73...74 HRC on the backside. High-quality heat treatment ensures an increased resistance of the part to abrasive wear. For left-side knives, it is expedient to apply electrode surfacing with a low-carbon rod and the subsequent hardening by surfacing reinforcement.

Key words: high-speed plowing, plow, abrasive wear, restoration, hardening, left-side knife, surfacing, surfacing reinforcement.

For citation: Mikhalchenkov A.M., Feskov S.A., Dyachenko A.V., Grin A.M. Technical condition and wear of the left-side knives of PSKu-series speed plows, methods of braking and wear minimizing. *Agricultural Engineering*, 2021; 6 (106): 56-61. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-56-61>.

Введение. Современные условия возделывания сельскохозяйственных культур требуют обеспечения высоких скоростей обработки почвы [1]. Особенно это важно при первичной обработке (вспашке). Анализ источников [2, 3] позволил установить, что в течение 30 лет скорость пахотных агрегатов v увеличилась фактически в 1,5...2 раза и на сегодняшний день может достигать 14 км/ч. Такой прирост скорости обеспечен путем

внесения конструктивных изменений, прежде всего – в элементы корпуса плуга [4].

В сельскохозяйственном производстве Российской Федерации нашли достаточно широкое применение плуги ПСКУ различных модификаций [5]. Наиболее нагруженной деталью корпуса этого плуга является левый нож (рис. 1а), который выполняет функцию лемеха, как в классической конструкции.

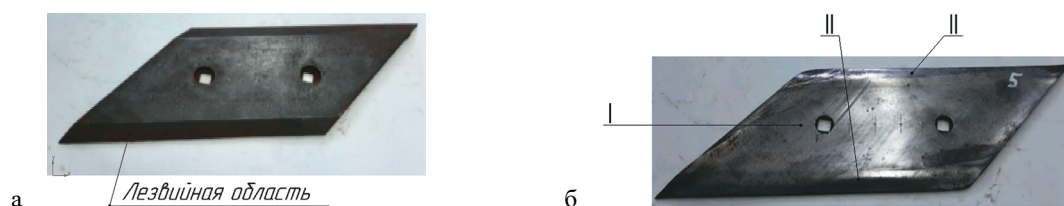


Рис. 1. Левый нож:

а – в заводском исполнении; б – после эксплуатации (дефекты:
I – лучевидный износ рабочей поверхности; II – износ лезвия)

Fig. 1. Left-side knife:

а – in the factory version; б – after operation (defects:
I – radial wear of the working surface; II – blade wear)

Левый нож является оборотным, так как в конструкции предусмотрено наличие двух лезвийных зон. Это позволяет существенно увеличить его ресурс. После снятия с эксплуатации нож обладает потенциальными возможностями для увеличения долговечности путем его восстановления и упрочнения.

Цель исследований: изучение технического состояния и износов левых ножей; разработка методов их снижения и устранения.

Материалы и методика исследований. Анализ дефектов и состояния ножей производили у 27 изделий после обработки 30 га (рис. 1б). Эксперименты проводились при пахоте супесчаных и суглинистых почв. В состав пахотного агрегата входил плуг ПСКУ-10.

Оценка износов по толщине проводилась путем измерений ее остаточного значения (t), в точках 1-4 координируемых по четырем сечениям в вертикальной плоскости (I-I; II-II; III-III; IV-IV) в пересечении с горизонтальным

сечением V-V (рис. 2а). Точки измерения по горизонтали располагались на расстоянии 80, 123, 203 мм относительно крепежного отверстия (точка 2). Базой являлось сечение V, которое проходило через центр крепежных отверстий на расстоянии 69 мм от обреза лезвия.

Измерение толщины проводилось в сечении, расположенном на расстоянии 20 мм от полевого обреза (рис. 2а).

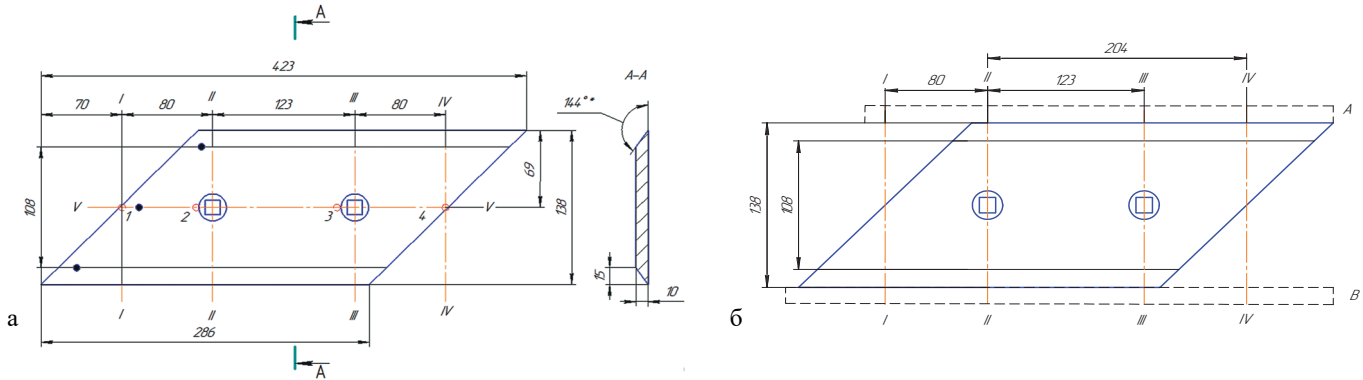


Рис. 2. Схема измерений остаточной толщины (а) и остаточной ширины (б) (контурными линиями обозначены упорные линейки)

Fig. 2. Scheme of measurements of residual thickness (a) and residual width (b) (contour lines indicate stop rulers)

Величина износа по ширине проводилась в сечениях, обозначенных римскими цифрами (рис. 2б). Кроме того, осуществлялась оценка ширины после изнашивания детали. В качестве базы принималось отверстие для крепежа (сечение II-II). С целью полной оценки износов в сечениях I-I и IV-IV (80 мм и 204 мм от крепежа соответственно) при измерениях использовались металлические линейки (А, В), что обусловлено отсутствием базы измерений по горизонту. Линейка А устанавливается неподвижно по длине неизношенной лезвийной области. В торце изношенной подрезающей части фиксируется вторая линейка (В), вследствие чего имеется возможность проводить необходимые измерения.

Точки контроля обозначены заретушированными окружностями.

Авторами [6] установлено, что для данного изделия характерна специфическая форма износа поверхности контактирования, вследствие чего измерения толщины проводились штангенрейсмасом. При этом учитывалась ширина лезвийной части, равной 30 мм, что учтено на эюре (рис. 4б).

Механические свойства исследуемых ножей в заводском исполнении контролировались фиксированием твердости (HRC) по схеме, представленной на рисунке 3а. На лезвийной области, где имеет место термоупрочнение, на расстоянии 24 мм от обреза лезвия наносилось 30 отпечатков в горизонтальном сечении и 15 в вертикальном (рис. 3а). В результате измерениями была охвачена вся максимально возможная площадь рабочей поверхности ножа. С тыльной стороны ножа HRC измерялась на поверхности наплавленного упрочняющего слоя по всей его длине с шагом между отпечатками 56 мм, что обеспечило полный контроль его твердости (рис. 3б).

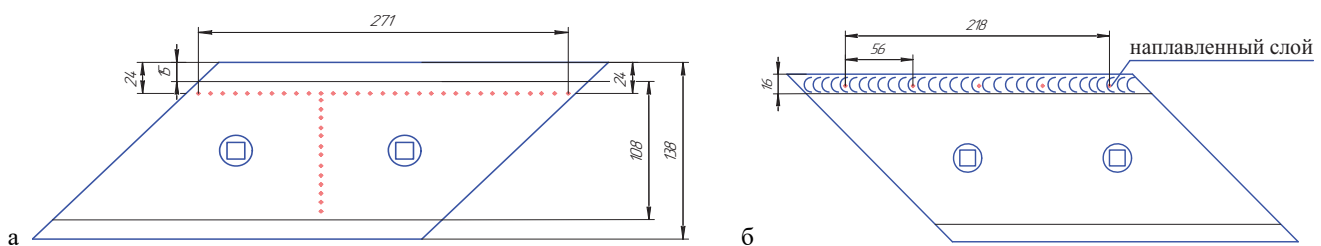


Рис. 3. Схема контроля HRC детали:

- а – рабочей поверхности в горизонтальном и вертикальном сечениях (точками показаны отпечатки);
- б – наплавленного с тыльной стороны твердого слоя

Fig. 3. HRC scheme of checking the condition of a part:

- a – working surface in horizontal and vertical sections (dots show prints);
- b – hard layer deposited from the back side

Результаты и обсуждение. Исследование плугов при скоростной вспашке показало изнашивание всей площади ножей (рис. 4). Минимальные значения толщины ножа t могут достигать 2 мм, что указывает на возможность устранения износов методами наплавки, без «прожигания» основного металла [7]. Максимальное значение остаточной толщины зафиксировано у полевого обреза ($t = 9$ мм) (рис. 4а),

затем отмечалось её резкое снижение. При этом максимальный износ характерен для участка рабочей поверхности на расстоянии 20 мм от полевого обреза, а минимальная толщина детали имеет место, когда $L = 20 \dots 70$ мм (рис. 4а); затем следует нарастание t . Такой характер эюр « $t-L$ », по нашему мнению, связан со спецификой давления почвы (в отличие от общепринятых мнений [6]).

Эпюра распределения остаточной толщины в сечении, параллельном полевому обрезу I (рис. 4б), показывает, что максимальный износ достигается в точке, расположенной в сече-

нии V-V. При рассмотрении эпюры «t-l» отмечается наличие износа в 1 мм (остаточная толщина в этом случае – 9 мм) лезвийной области, не задействованной в обработке почвы.

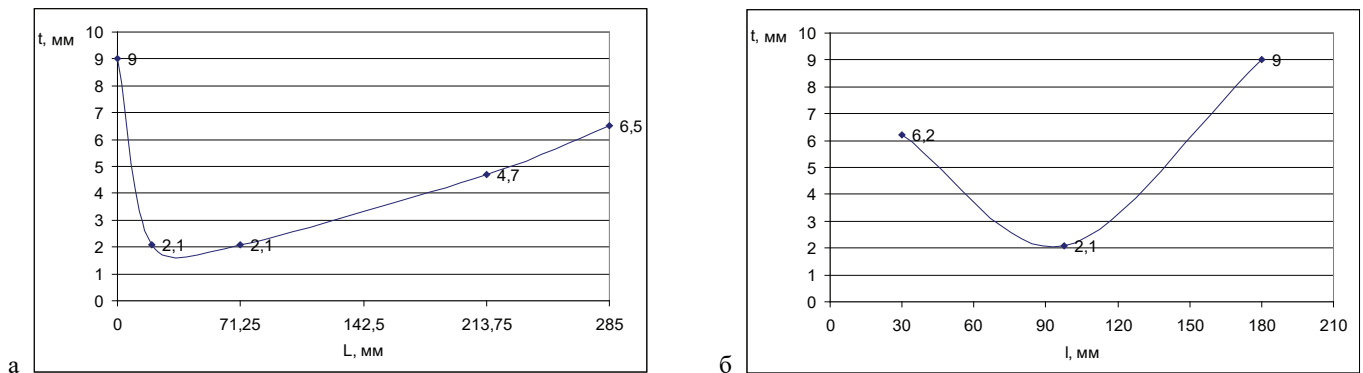


Рис. 4. Эпюра остаточной толщины (t) ножа:

a – по длине в сечении V-V (L); б – в поперечном сечении II-II (l)

Fig. 4. Diagram of the residual thickness (t) of the knife:

a – along the length in section V-V (L); b – in the cross-section II-II (l)

Минимальная толщина составляет 2,1 мм, что соответствует данным эпюры рисунка 4а. Уменьшение толщины лезвийной области не имеет критического характера, и, соответственно, нож по данному параметру остается пригодным для эксплуатации.

В результате исследований установлено, что износ поверхностей контактирования левых ножей плугов для скоростной вспашки имеет сложную геометрическую форму. Особо следует отметить необходимость его устранения даже при обороте детали, так как в процессе дальнейшей эксплуатации будет иметь место предельный износ по толщине при сохранении остальных геометрических параметров в нормированном состоянии и деталь станет непригодной ни к эксплуатации, ни к восстановлению.

Результаты износа ширины ножа позволили установить, что он не превышает 8 мм и обусловлен присутствием на тыльной стороне наплавленного слоя твердостью 73...74 HRC. Минимальная ширина ножа h соответствует задней поверхности ножа (рис. 1б, 5).

Таким образом, деталь после наработки 30 га остается работоспособной и пригодной к дальнейшему использованию.

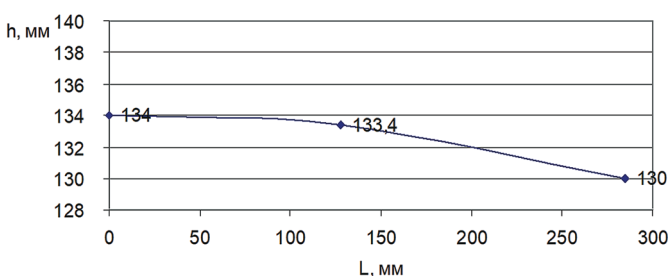


Рис. 5. Эпюра остаточной ширины ножа

Fig. 5. Diagram of the knife's residual width

Контроль твердости по длине лезвия ножа показал среднее значение HRC, равное 40 ед., что соответствует закалке со среднетемпературным отпуском и обеспечивает

сорбитно-трооститную структуру. Такая технология термического упрочнения обеспечивает существенное повышение сопротивляемости поверхности воздействию абразивной среды (почвы). Однако некоторые области имеют HRC 45 и более (рис. 6а). При этом рассеяние значений твердости достигает 15% (диапазон зафиксированных величин составляет 32...54 HRC). Столь значительный разброс HRC говорит о нарушении параметров термоупрочнения или применении стали со значительной гетерогенностью структуры.

Эпюра HRC ножа в поперечном сечении (рис. 6б) характеризуется двумя участками: первый – термоупрочнение с HRC 40...50 (часть лезвийной области); второй – отсутствие термообработки с твердостью около 15 HRC. Твердость 15 HRC указывает на факт использования при изготовлении ножей среднеуглеродистой стали (0,35...0,45% C). Полученные результаты по твердости говорят о целесообразности применения технологических мероприятий при производстве этих деталей, улучшающих противобразивные свойства материала.

В результате изучения специфики износа левых ножей, а также их твердости позволяет рекомендовать некоторые методы восстановления и упрочнения, обеспечивающие увеличение межремонтного ресурса и долговечности данных деталей [8]. Так, снижение интенсивности изнашивания поверхности контактирования ножа в заводском исполнении может быть достигнуто применением наплавочного армирования электродами, которые обеспечивают твердость нанесенного металла в пределах 35...40 HRC (рис. 7а).

Устранение износа (области наибольшего износа) производится наплавкой до достижения нормированной толщины 5...6 мм (рис. 7б), электродом, предназначенным для сварки углеродистых и малолегированных сталей, – например электродами MP-3. Устранение износа наплавкой должно сопровождаться наплавочным армированием аналогично процессу, описанному выше. Кроме того, следует наплавить упрочняющие покрытия на тыльную область лезвийной части, так как заводской технологией это не предусмотрено [9].

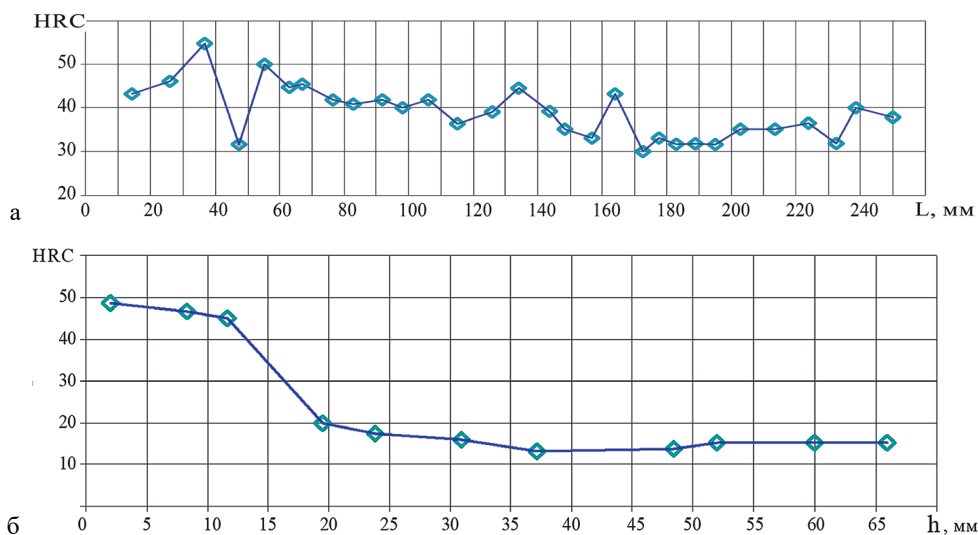


Рис. 6. Эпюры твердости ножа:
а) по длине (L); б) по ширине (h)

Fig. 6. Diagrams of the knife's hardness:
a – along the length (L); b – across the width (h)

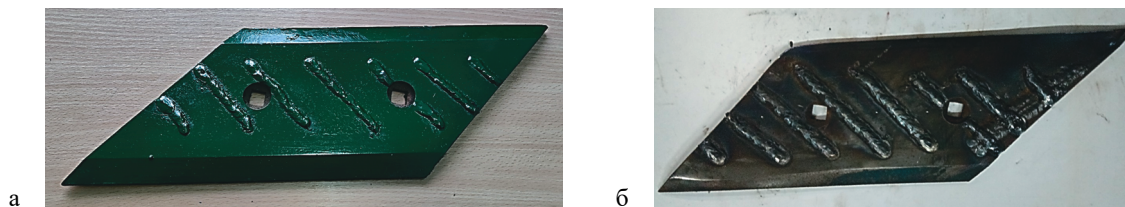


Рис. 7. Нож, упрочненный наплавочным армированием в состоянии поставки (а), и нож, восстановленный с упрочнением (б)

Fig. 7. Knife hardened with surfacing reinforcement in the delivered state (a) and a knife reconditioned with hardening (b)

Выводы

1. Полученные эпюры изменения остаточных размеров ножей после эксплуатации (рис. 4а, 4б) указывают на их сложную геометрическую форму, что позволяет выбрать оптимальную технологию восстановления и упрочнения.

2. Износ должен устраняться в обязательном порядке, так как при обороте ножа его предельное состояние будет достигаться за короткое время эксплуатации.

3. Ножи имеют потенциал для увеличения долговечности путем применения дополнительных технологических мероприятий: заплавки электродом с малоуглеродистым стержнем и последующим упрочнением наплавочным армированием. Наплавочное армирование электродами, разработанное производителем, обеспечивает высокие эксплуатационные показатели (35...40 HRC), а также создает условия для снижения интенсивности изнашивания ножей.

Библиографический список

1. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Моделирование скоростных режимов агрегатов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы // Вестник КрасГАУ. 2015. № 1 (100). С. 81-89.
 2. Шевченко В.А., Бородычев В.В., Новиков А.Е. и др. Исследование эффективности использования энергии чизельными и лемешными орудиями при основной обработке почвы // Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 30-31.
 3. Власов Е.Н., Епифанова А.Ю. Влияние скорости машинно-тракторного агрегата на некоторые стохастические характеристики его функционирования // Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года: Сборник статей / Отв. ред. В.А. Соколова. 2020. С. 264-267.

References

1. Selivanov N.I., Zaprudskiy V.N., Makeeva Yu.N. Modelirovanie skorostnykh rezhimov agregatov i udel'nykh pokazateley kolesnykh traktorov na osnovnoy obrabotke pochvy [Modeling of speed modes of units and specific indicators of wheeled tractors during the main soil tillage]. *Vestnik KrasGAU*, 2015; 1 (100): 81-89. (In Rus.)
 2. Shevchenko V.A., Borodychev V.V., Novikov A.E., Filimonov M.I. Issledovanie effektivnosti ispol'zovaniya energii chizel'nyimi i lemeshnymi orudiyami pri osnovnoy obrabotke pochvy [Study of the efficiency of energy use by chisel and ploughshare tools during the main tillage]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2018; 10: 30-31. (In Rus.)
 3. Vlasov E.N., Epifanova A.Yu. Vliyanie skorosti mashinno-traktornogo agregata na nekotorye stokhasticheskie

4. Лискин И.В., Алдошин Н.В., Горбачев И.В. и др. Совершенствование конструкции плужных лемехов с накладным долотом // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 1 (83). С. 15-19.

5. Петухов Д.А., Свиридова С.А., Бондаренко Е.В. Результаты исследования плуга чизельно-отвального типа на отвальной обработке почвы // Техника и оборудование для села. 2016. № 12. С. 10-13.

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

7. Козарез И.В., Михальченков А.М., Ковалев А.П. Способ восстановления рабочей поверхности лемеха с лучевидным износом: Патент на изобретение RU2464146 С2, 20.10.2012. Заявка № 2010150004/02 от 06.12.2010.

8. Белоус Н.М., Михальченков А.М., Кожухова Ю.И., Козарез И.В. Способ восстановления плужных лемехов: Патент на изобретение RU2412793 С2, 27.02.2011. Заявка № 2008147653/02 от 02.12.2008.

9. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Соловьев Р.Ю. и др. Результаты производственной проверки экспериментальных упрочненных износостойкими материалами ножей скоростных плугов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3 (27). С. 90-97.

kharakteristiki ego funktsionirovaniya [Influence of the speed of a machine-tractor unit on some stochastic characteristics of its functioning]. *Nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot 2019 goda*. Ed. by V.A. Sokolov. 2020: 264-267. (In Rus.)

4. Liskin I.V., Aldoshin N.V., Gorbachev I.V., Panov A.I. Sovershenstvovanie konstruktssii pluzhnykh lemekhov s nakladnym dolotom [Improving the design of plow shares with an overhead chisel]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2018; 1 (83): 15-19. <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-1-15-19> (In Rus.)

5. Petukhov D.A., Sviridova S.A., Bondarenko E.V. Rezul'taty issledovaniya pluga chizel'no-otval'nogo tipa na otval'noy obrabotke pochvy [Research results of a chisel-moldboard plow during moldboard tillage]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2016; 12: 10-13. (In Rus.)

6. Kozarez I.V., Mikhalkhenkova M.A., Gutsan A.A. et al. Kharakteristiki lemekhov importnogo proizvodstva i pribretennye defekty [Characteristics of imported plowshares and acquired defects]. *Trudy inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta Bryanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universtiteta*, 2021; 1: 70-84. (In Rus.)

7. Kozarez I.V., Mikhalkhenkov A.M., Kovalev A.P. Spособ vosstanovleniya rabochey poverkhnosti lemekha s luchevidnym iznosom [Method for restoring the working surface of a share with radial wear]: Patent for invention RU2464146 С2, 2012. (In Rus.)

8. Belous N.M., Mikhalkhenkov A.M., Kozhukhova Yu.I., Kozarez I.V. Spособ vosstanovleniya pluzhnykh lemekh-hov [Method for restoring plow shares]: Patent for invention RU2412793 С2, 2011. (In Rus.)

9. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Soloviev R.Yu., Bagrintsev O.O. Rezul'taty proizvodstvennoy proverki eksperimental'nykh uprochnennykh iznosostoykimi materialami nozhey skorostnykh plugov [Results of production testing of experimental high-speed plow knives strengthened with wear-resistant materials]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*, 2020; 3 (27): 90-97. (In Rus.)

Критерии авторства

Михальченков А.М., Феськов С.А., Дьяченко А.В., Гринь А.М. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Михальченков А.М., Феськов С.А., Дьяченко А.В., Гринь А.М. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.05.2021

Одобрена после рецензирования 13.10.2021

Принята к публикации 14.10.2021

Contribution

A.M. Mikhalkhenkov, S.A. Feskov, A.V. Dyachenko, A.M. Grin carried out theoretical studies and conducted the experiment based on the obtained theoretical results. A.M. Mikhalkhenkov, S.A. Feskov, A.V. Dyachenko, A.M. Grin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 27.05.2021

Approved after reviewing 13.10.2021

Accepted for publication 14.10.2021