



Прочностные и ресурсные характеристики почворезущих рабочих органов

Денис Александрович Миронов,
кандидат технических наук,
научный сотрудник,
e-mail: mironov-denis87@mail.ru;

Сергей Алексеевич Сидоров,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник;
Игорь Викторович Лискин,
научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Важнейшая задача при создании конкурентоспособной сельскохозяйственной техники – производство высокоресурсных деталей. Разработка новых технологий и материалов определяет технический уровень сельскохозяйственного машиностроения. Лемех плуга служит наиболее нагруженной и важной деталью, от параметров которой зависят качественные, энергетические и экономические показатели технологической операции вспашки. (*Цель исследования*) Разработать и подтвердить теоретически материаловедческие и технологические параметры лемехов плугов, обеспечивающие повышение их долговечности и работоспособности. (*Материалы и методы*) Отметили низкий уровень качества отечественных лемехов плугов, изготовленных без применения современных технологий. Проанализировали материалы лемехов и других деталей почвообрабатывающих орудий, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами, и пришли к выводу, что в их производстве используют низко- и среднеуглеродистые борсодержащие легированные и высоколегированные стали. Ведущие мировые производители деталей также часто применяют поверхностное наплавленное упрочнение их твердосплавными покрытиями. (*Результаты и обсуждение*) Теоретически и экспериментально обосновали направления повышения прочности и износостойкости лемешных рабочих органов. Выбрали материалы основы лемехов преимущественно исходя из параметров прочности. Провели сравнительные лабораторные испытания различных материалов и образцов-свидетелей (в том числе двухслойных) на абразивную износостойкость на двух стендовых установках. Определили материалы твердосплавных покрытий, уточнили коэффициенты относительной износостойкости рекомендованных к использованию в конструкциях лемехов сталей твердосплавных слоев. Рассмотрели технологический способ упрочнения машинных рабочих органов. (*Выводы*) Предложили упрощенную расчетную методику выбора конструктивно-материаловедческих параметров (толщины и ширины упрочняющих покрытий) лезвий лемехов и накладных долот, в зависимости от износных характеристик применяемых материалов и толщины материала основы лемехов. Разработали математические зависимости, определяющие линейный износ лезвия лемеха и его долота в зависимости от характеристик применяемых материалов, конструктивных параметров, почвенных условий и объема наработки. Осуществили проверочные эксплуатационно-ресурсные сравнительные испытания новых разработанных лемехов. Показали, что предельная наработка новых изделий превышает ресурс серийных аналогов в различных почвенно-климатических условиях в 3,5-5,5 раз.

Ключевые слова: почворезущие рабочие органы, лемеха плугов, линейный износ, ресурс, конструктивные параметры.

■ **Для цитирования:** Миронов Д.А., Сидоров С.А., Лискин И.В. Прочностные и ресурсные характеристики почворезущих рабочих органов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №3. С. 39-43. DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-3-39-43.

Strength and Durability Characteristics of Soil-Cutting Working Tools

Denis A. Mironov,
Ph.D.(Eng.), research engineer,
e-mail: mironov-denis87@mail.ru;

Sergey A. Sidorov,
Dr.Sc.(Eng.), chief research engineer;
Igor V. Liskin,
research engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The most important task in designing competitive agricultural machinery is the production of parts with long service life. The development of new technologies and materials determines the technical level of agricultural engineering. The plowshare blade is the most loaded and important part, as its parameters determine the quality, energy and economic indicators of the technological operation of plowing. (*Research purpose*) To determine and confirm theoretically material and technological parameters of

plowshares, ensuring an increase in their durability and performance efficiency. (*Materials and methods*) The authors note the low quality level of domestic plowshares manufactured without the use of modern technologies. Then they analyze construction materials of plowshares and other parts of tillage implements produced by leading foreign companies, and come to a conclusion that low- and medium-carbon boron-containing alloyed and high-alloyed steels are used in their production. Leading global manufacturers of machine parts also often apply surface hardfacing with carbide coatings. (*Results and discussion*) The authors have theoretically and experimentally determined the directions of increasing the strength and durability of plowshare working tools. They have chosen basic materials for plowshares basing mainly on the strength parameters. They have conducted comparative laboratory tests of various materials and witness samples (including double-layer ones) for abrasive wear resistance on two bench installations; identified materials for carbide coatings, clarified the relative wear resistance coefficients of steel carbide layers recommended for use in the design of plowshares; and considered a technological method of hardening machine working tools. (*Conclusions*) The authors propose a simplified computational procedure for selecting design and material parameters (thickness and width of hardening coatings) of plowshare blades and over-chisels, depending on the wear characteristics of the materials used and the plowshare thickness. They have stated mathematical relationships that determine the linear wear of plowshare blades and chisels depending on the characteristics of the materials used, design parameters, soil conditions and total operation time and carried out comparative operational and duration testing of newly developed plowshares. It has been shown that the marginal operating time of new products exceeds the duration indicators of serial counterparts in different soil and climatic conditions in 3.5-5.5 times.

Keywords: soil-cutting working tools, plowshares, plows, linear wear, service life, design parameters.

■ **For citation:** Mironov D.A., Sidorov S.A., Liskin I.V. Prochnostnye i resursnye kharakteristiki pochvrezhushchikh rabochikh organov [Strength and durability characteristics of soil-cutting working tools]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N3. 39-43 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-3-39-43.

Производство высокоресурсных конкурентоспособных деталей сельскохозяйственных машин стало одной из важнейших задач при создании конкурентоспособной сельхозтехники. Разработка новых материалов и технологий, в частности, создание высокопрочных износостойких покрытий, в значительной степени определяет технический уровень сельхозмашиностроения и сельскохозяйственного производства в целом. Лемех плуга служит самой нагруженной и важной деталью, от параметров которой в преобладающей степени зависят качественные, энергетические и экономические показатели технологической операции вспашки [1]. Поэтому так важно повысить ресурсные и эксплуатационные характеристики этой массовой детали. Материалы, применяемые в конструкциях лемехов плугов, и технологии их упрочнения в основном определяют технический уровень, работоспособность и ресурс лемехов плугов наряду с их конструктивными параметрами. В серийном производстве лемехов плугов в РФ используют устаревшие материалы и технологии упрочнения. Это – одна из главных причин низкой конкурентоспособности данного вида российской продукции.

Цель исследования – разработка и обоснование материаловедческих и технологических параметров лемехов плугов, обеспечивающих повышение их долговечности и работоспособности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Низкий уровень качества лемехов плугов, изготовленных без применения современных технологических процессов их обработки, проявляется прежде всего в таких процессах, как:

- изменение формы лемеха при эксплуатации из-за преждевременного износа носовой части;
- затупление лезвия лемеха и его носка;

- линейный износ лемеха по ширине лезвия и носка;
- износ крепежных болтов и отверстий;
- деформация и поломка лемехов, в том числе в опасных сечениях и в местах истончения вследствие почвенного абразивного изнашивания.

Анализ материалов лемехов и других деталей почвообрабатывающих орудий, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами (*Kverneland* – Норвегия; *Lemken, Frank* – Германия; *Kuhn, Gregoire-Besson* – Франция; *Vogel&Noot* – Австрия; *Malmö* – Дания и др.), показал, что в их производстве используют низко- и среднеуглеродистые борсодержащие легированные и высоколегированные стали с пределом прочности $\sigma_B = 1700-2000$ МПа, относительным удлинением $\delta = 7,0-9,5\%$ и поверхностной твердостью 49-56 HRC. Ведущие мировые производители деталей, эксплуатирующиеся в почвенно-абразивной среде, также часто применяют поверхностное наплавленное упрочнение их твердосплавными покрытиями с твердостью 60-68 HRC [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что проблему повышения прочностных характеристик лемехов отечественных плугов можно решить путем внедрения в их конструкцию ряда дополнительных новшеств [3, 4]. Необходимо:

- использовать лемеха из металлов с пределом прочности (временного сопротивления разрыву) σ_B на 50-70% выше, чем у стали (Ст.45, Л53 и 65Г) и достаточным относительным удлинением (δ не менее 7%);
- изготавливать накладное долото как фактор защиты максимально нагруженной зоны опасного сечения лемеха от значительного истирания металла лемеха и соответствующего ослабления его по тол-



пшине, то есть защитить его от так называемого «лучевого износа»;

- приваривать дополнительную накладку в зоне полевого обреза лемеха, повышающую прочностные параметры его носовой части.

Перечисленные меры позволили создать лемех с гарантией от поломок и деформаций на период выработки полного ресурса по критерию износостойкости.

Повышение ресурса по критерию предельного изнашивания лемехов достигнуто путем внесения в конструкцию лемеха следующих изменений: использована конструкция нового лемеха с эвольвентным профилем, в частности, обеспечивающим снижение углов резания в лезвийной части лемеха по значению заднего угла резания до 4-11° в отличие от серийного (22-25°). Данная мера, согласно априорным научным данным о влиянии величины угла резания на общие и удельные нагрузки, позволяет уменьшить удельные нагрузки на лезвийную часть лемеха. Известно, что износ пропорционален удельным нагрузкам; соответственно износ лезвийной части нового опытного лемеха с меньшими углами резания снижается в сравнении с серийным аналогом при прочих равных условиях [1, 5]; создана конструкция лемеха с накладным выдвижным долотом на носовой части, установленным под определенным повышенным углом крошения; при этом оказалось, что выступающее на 2-6 см долото обеспечивает «эффект опережающей трещины», что также гарантирует попадание на лезвие лемеха почвенной массы в значительной степени уже разрыхленной, соответственно, с уменьшенными удельными нагрузками, а это приводит к пониженному износу материала; лезвие и долото лемеха упрочнены с нижней стороны новым твердосплавным покрытием с повышенным коэффициентом относительной износостойкости; параметры толщин твердослойных покрытий на лезвии и долоте подобраны как с точки зрения повышения линейной износостойкости деталей, так и с точки зрения улучшения формы самого лезвия и долота как средства защиты от затупления; разработана конструкция выдвижного упрочненного накладного сменного долота, которое в процессе эксплуатации на протяжении всего периода работы обеспечивает носовой части лемеха возможность соответствующего устойчивого заглубления детали и сохранения ее в работоспособном состоянии до наступления предельного значения по критерию уменьшения ширины лезвия (менее 90 мм).

Исходя из технологических, эксплуатационных, производственных и экономических условий, определили способ повышения износостойкости лезвийных частей и долот лемехов плугов с использованием плазменной дуговой наплавки твердосплавных материалов в среде сжатого воздуха. Проведены лабораторные испытания по износостойкости образцов из различных сталей и с разными твердослойными покрытия-

ми на двух испытательных установках: машине трения ИМ-1; круговом почвенном стенде. По их результатам выбраны материалы твердосплавных покрытий с добавками литого карбида вольфрама *WC*, имеющие повышенную относительную износостойкость (выше на 27-48% по сравнению с серийными железоуглеродистыми сплавами) и, соответственно, в 3,7-4,6 раза выше по сравнению с конструкционными сталями – материалами основы лемеха (Ст.45; Л53; 65Г) [6-10].

На основе анализа прочностных и износных характеристик выбраны базовые материалы основы лезвия лемеха и его долота:

- сталь 30ХГСА, термообработанная на твердость 47-50 *HRC* (коэффициент износостойкости относительно стали Ст.45 – 1,05-1,08), $\sigma_B = 1590-1650$ МПа;

- лицензионная импортная борсодержащая сталь 30MnB5 (изготовитель – Мариупольский металлургический комбинат, Украина), термообработанная на твердость 51-53 *HRC*, коэффициент относительной износостойкости – 1,42-1,57; $\sigma_B = 1730-1810$ МПа.

Предложена упрощенная расчетная методика выбора конструктивно-материаловедческих параметров двухслойных лезвий лемехов и их долот, которая базируется на учете максимальной линейной и конструкционной износостойкости, выраженной зависимостью для оценки сравнительного линейного износа двухслойного почворезущего лезвия:

$$U_{\text{лин.}(1)} = U_{\text{лин.двухсл.}} \cdot \left(\frac{K_{U_2}}{K_{U_1}} \right)^{0,5 \dots 0,6} \cdot \left[1 + K_{U_{\text{тв.спл.}}} \cdot \frac{h_{\text{тв.спл.}}}{b_{\text{осн}}} \right]^{0,7-0,8},$$

где $U_{\text{лин.}(1)}$ и $U_{\text{лин.двухсл.}}$ – линейные износы однородного и двухслойного почворезущих лезвий; K_{U_2} – коэффициент относительной износостойкости материала основы двухслойной детали (стали) выше (или ниже), чем у однородного материала (K_{U_1}); $K_{U_{\text{тв.спл.}}}$ – коэффициент относительной износостойкости материала упрочняющего твердосплавного слоя (относительно стали 30ХГСА); $h_{\text{тв.спл.}}$ – толщина слоя твердого сплава двухслойного лезвия, мм; $b_{\text{осн.}}$ – толщина материала основы двухслойного лезвия, мм.

Для улучшенного формообразования двухслойного почворезущего лезвия необходимо, чтобы износ верхнего слоя в процессе изнашивания несколько превышал износ нижнего слоя, то есть:

$$U_{\text{верх.лин.}} > U_{\text{нижн.лин.}}$$

С определенным допущением представленное выражение может быть отнесено и к соотношению линейных износов монометаллического и двухслойного лезвий.

По результатам многолетних исследований выявили, что условия формообразования даже на проблемных типах почв должны отвечать отношению линейных износов однослойного и двухслойного почворезущих лезвий 1,7-1,8 (и более) для рабочих органов толщиной 10-12 мм:

$$\frac{U_{\text{лин.}}^{(1)}}{U_{\text{лин.}}^{\text{двухсл.}}} = [1 + K_{U_{\text{тв.спл.}}} \cdot \frac{h_{\text{тв.спл.}}}{b_{\text{осн.}}}]^{0,7...0,8} > 1,7-1,8 \cdot$$

При этом принимаем, что $K_{U_2} = K_{U_1}$, то есть материал основы сравниваемых лемехов идентичен, или:

$$K_{U_{\text{тв.спл.}}} \cdot \frac{h_{\text{тв.спл.}}}{b_{\text{осн.}}} > 1,08 \text{ или } h_{\text{тв.спл.}} > \frac{1,08b_{\text{осн.}}}{K_{U_{\text{тв.спл.}}}}$$

С учетом того, что выбранный твердый сплав имеет среднее значение $K_{U_{\text{тв.спл.}}}$, равное 4,05, подставим его в формулу и получим:

- для двухслойного лезвия лемеха с улучшенным формообразованием ($b_{\text{осн.}} = 10$ мм) $h_{\text{тв.спл.}} > 2,67$ мм;

- для долота лемеха ($b_{\text{осн.}} = 12$ мм) $h_{\text{тв.спл.}} > 3,2$ мм.

По результатам теоретическо-экспериментальных исследований разработаны зависимости, определяющие значения линейного износа двухслойного почво-режущего лезвия лемеха и его долота. Точность полученных результатов составляет 15%:

$$U_{\text{лин.}}^{\text{лезв.}} = \frac{\lambda(1,1 + 1,05 \cdot T^{1,25})}{K_{U_{\text{тв.спл.}}} \cdot h_{\text{тв.спл.}}^{0,5}} \cdot \tau, \text{ мм,}$$

где λ – математическое описание изнашивающей способности почв, мм/га (определяется по методике Сидорова С.А. [5]);

τ – наработка на лемех, га.

Аналогично найдем зависимость, определяющую величину линейного износа двухслойного долота лемеха:

$$U_{\text{лин.}}^{\text{долот.}} = \frac{\lambda(4 + 3,5 \cdot T^{1,5})}{K_{U_{\text{тв.спл.}}} \cdot h_{\text{тв.спл.}}^{0,5}} \cdot \tau, \text{ мм.}$$

Исходя из анализа данных зависимостей и значений критериев предельного состояния лемеха, выбрали параметры ширины наплавленного слоя: на лезвии лемеха – 22-24 мм; на долоте – 35-42 мм.

Провели широкие эксплуатационно-ресурсные испытания разработанных лемехов (рис. 1, 2) в сравнении с серийными в трех почвенных зонах по специально разработанной программе и методике.

По результатам испытаний ресурс опытных разработанных упрочненных лемехов с эвольвентным профилем и накладным выдвижным сменным долотом повышен в 3,5-5,5 раз с гарантией от поломки.

Выводы

1. Предложили и обосновали теоретический выбор конструктивных параметров лемеха плуга эвольвентного профиля с накладным выдвигающимся сменным долотом, обеспечивающих уменьшение удельной почвенно-износной нагрузки на основную часть

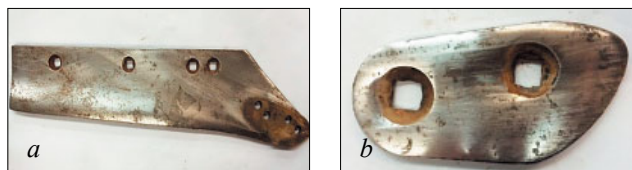


Рис. 1. Общий вид опытных изношенных разработанных эвольвентных лемехов (а) и долот (б), изготовленных из стали 30ХГСА с плазменной наплавкой после наработки 7,5 га на корпус в тяжелых почвенных условиях (СПА(К) «Кузьминский», Сергиево-Посадский район Московской области)

Fig. 1. General view of experimental worn-out developed involute plowshares (a) and chisels (b) made of the 30XGSA steel with plasma surfacing after operating 7.5 hectares per unit in difficult soil conditions (Farm enterprise “Kuzminsky”, Sergiev Posad district, Moscow region)

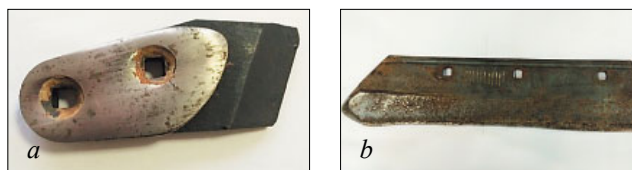


Рис. 2. Виды: а) нового (внизу) и изношенного (сверху) наплавленных накладных долот разработанных лемехов;

б) неработоспособного изношенного серийного лемеха после наработки 3,5 га (СПА(К) «Кузьминский» Сергиево-Посадский район Московской области)

Fig. 2. Types: a) new (below) and worn-out (above) welded overlaid chisels of the developed plowshares; b) an inoperable worn out tillage share after operating 3.5 ha (Farm enterprise “Kuzminsky”, Sergiev-Posad district, Moscow region)

лезвия лемеха и, соответственно, позволяющих снизить износ детали.

2. Выбрали базовые материалы основы лемехов – стали 30ХГСА и 30MnB5, обеспечивающие повышение их прочностных и противоизносных параметров с гарантией от поломки.

3. Разработали эффективный экономический способ упрочнения лезвий и долот лемехов методом плазменной дуговой наплавки в среде сжатого воздуха твердых сплавов на железной основе с добавками литого карбида вольфрама.

4. Предложили методику выбора конструктивно-материаловедческих параметров двухслойных лемехов и накладных долот (толщина и ширина наплавленного слоя в зависимости от применяемых материалов).

5. Показали, что ресурс разработанных лемехов с указанными конструктивно-материаловедческими параметрами превышает ресурс серийных аналогов при эксплуатации в различных почвенно-климатических зонах в 3,5-5,5 раз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение. 1977. 328 с.
2. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Khlusova

E.I., Ryabov V.V. Novel high-alloy boron-containing steels for driven elements of tilling machins. *Metal Science and Heat Treatment*. 2017. Vol. 59. N3-4. 208-210.



3. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. *Metallurgist*. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

4. Sidorov S.A., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with tungsten carbide. *Metallurgist*. 2018. Vol. 61. N11-12. 1023-1028.

5. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2012. N3. С. 5-7.

6. Миронов Д.А., Лискин И.В., Сидоров С.А. Влияние геометрических параметров долота на тяговые характеристики и ресурс лемехов отечественных плугов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. N6. С. 25-29.

7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошен-

ков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2013. N2. С. 80-81.

8. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Рахимов З.С., Хлызов Н.Т., Шарафиев Л.З., Садриев Ф.М., Дмитриев С.Ю. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспособных инновационных машин // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. N7. С. 68-70.

9. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационно-ресурсных характеристик лемехов плугов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. N6. С. 14-17.

10. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevskiy Ya.P., Mazitov N.K., Rakhimov R.S., Khamaletdinov R.R., Rakhimov I.R., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Gareev R.T. Modeling the technological process of tillage. *Solli Tillage Research*. 2019. Vol. 190. 70-77.

REFERENCES

1. Sineokov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvo-obrabatyvayushchikh mashin [Theory and calculation of tillage machines]. Moscow: Mashinostroyeniye. 1977. 328 (In Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Khlusova E.I., Ryabov V.V. Novel high-alloy boron-containing steels for driven elements of tilling machines. *Metal Science and Heat Treatment*. 2017. Vol. 59. N3-4. 208-210 (In English).

3. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. *Metallurgist*. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294 (In English).

4. Sidorov S.A., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with tungsten carbide. *Metallurgist*. 2018. Vol. 61. N11-12. 1023-1028 (In English).

5. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosiyenko S.A. Nauchnyye printsipy povysheniya iznosostoykosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchey tekhniki [Scientific principles of improving the durability of the working tools of tillage equipment]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012. N3. 5-7 (In Russian).

6. Mironov D.A., Liskin I.V., Sidorov S.A. Vliyaniye geometricheskikh parametrov dolota na tyagovyye kharakteristiki i resurs lemehov otechestvennykh plugov [Influence of the geometrical parameters of chisels on the traction characteristics and

durability of domestic plowshares]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015. N6. 25-29 (In Russian).

7. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova Ye.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskikh staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [The use of bimetallic steels to increase the resource of the working tools of agricultural machines]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2013. N2. 80-81 (In Russian).

8. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Rakhimov Z.S., Khlyzov N.T., Sharafiyev L.Z., Sadriyev F.M., Dmitriyev S.Yu. Rossiyskaya tekhnologiya obrabotki pochvy i poseva na osnove sobstvennykh konkurentospobnykh innovatsionnykh mashin [Russian technology of tillage and seeding performed by competitive innovative domestic machines]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2014. N7. 68-70 (In Russian).

9. Sidorov S.A., Mironov D.A. Obosnovaniye povysheniya ekspluatatsionnoresursnykh kharakteristik lemehov plugov [Determining the ways of improving the operational and durability characteristics of plowshares]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. N6. 14-17 (In Russian).

10. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevskiy Ya.P., Mazitov N.K., Rakhimov R.S., Khamaletdinov R.R., Rakhimov I.R., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Gareev R.T. Modeling the technological process of tillage. *Solli Tillage Research*. 2019. Vol. 190. 70-77.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 09.10.2018
The paper was submitted
to the Editorial Office on 09.10.2018

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья принята к публикации 07.06.2019
The paper was accepted
for publication on 07.06.2019