

УДК 631.312.312.024

## РАЗРАБОТКА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Лобачевский Я.П., докт. техн. наук, профессор;  
Лискин И.В.;  
Сидоров С.А., докт. техн. наук;

Миронов Д.А.\*;  
Курбанов Р.К., канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, 109428, Москва, Российская Федерация, \*e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Плужные лемехи составных конструкций все чаще приходят на смену цельным долотообразным. Во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства освоили производство лемехов с накладным выдвигающимся долотом. В качестве основного материала использовали кремне-марганцовистую хромистую сталь, имеющую в термообработанном состоянии предел прочности более 1580 МПа. Ресурс и надежность лемеха повышены вследствие увеличения числа крепежных отверстий для долота с 2 до 4. Долото можно выдвигать вперед по мере износа, переставляя болты с верхних на нижние отверстия в носке. Криволинейная поверхность лицевой части лемеха снижает угол резания в направлении от полевого к бороздному обрезу. Спроектировали и создали специальный штамп, матрица и пуансон которого имели поверхности заданной кривизны. Нагретую до температуры 900-920 градусов Цельсия деталь укладывали на матрицу, а пуансон прижимали с помощью гидравлического пресса. Лезвия на остове лемеха и долота упрочняли наплавкой твердым сплавом. Провели цикл полевых испытаний в почвенно-климатических условиях, наиболее характерных для центральных регионов Российской Федерации. Результаты испытаний показали, что на почвах, наиболее благоприятных для вспашки, где твердость почвы не превышала 2,5-3 МПа и количество каменных включений было минимальным, ресурс опытных лемехов в 2,5-2,8 раза превысил ресурс серийных и составил 80-110 га на лемех. На тяжелых глинистых и суглинистых почвах, твердостью до 4 МПа и выше, ресурс опытных лемехов достигал 25-33 га на лемех, что также выше серийных в 2,7-3,2 раза, ресурс которых не превышал 12-18 га. Провели испытания и на почвах с большим содержанием кварцевых частиц и каменных включений, где основной причиной отказов стали поломки и деформация лемехов. Средняя наработка у опытных образцов составила 8-10 га на лемех, у серийных – не превышала 2,5 га. Испытания показали значительное превосходство лемехов с накладным долотом как по ресурсу, так и по надежности.

**Ключевые слова:** лемех, долото, ресурс, упрочнение наплавкой, твердость почвы, износ лемеха.

■ **Для цитирования:** Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Курбанов Р.К. Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 3-8.

## WORKING OUT AND PRODUCTION TECHNIQUE OF SOIL CULTIVATING WORKING TOOLS

Ya.P. Lobachevskiy, Dr. Sci. (Eng.), Professor;  
I.V. Liskin;  
S.A. Sidorov, Dr. Sci. (Eng.);

D.A. Mironov\*;  
R.K. Kurbanov, Cand. Sci. (Eng.)

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, \*e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Plow ploughshares of compound designs even more often appear to replace integral wedge-shaped ones. At the All-Russian research institute of mechanization of agriculture ploughshares with the bolt-on moving-forward tine are produced. The main material was the silicon manganic chromic steel. In the heat-treated state its ultimate resistance is more than 1580 MPa. A resource and reliability of a ploughshare are raised owing to increase in number of fixation holes for a tine from 2 to 4. The tine can be pushed forward in process of wear by bolts replacing with top on the lower holes in a tip. The curvilinear surface of front part of a ploughshare reduces a cutting angle in the direction from field to a furrow wall. A special stamp was designed and created. Its matrix and hob had surfaces of the set curvature. The detail heated to

temperature of 900-920 degrees Celsius was stacked on a matrix, and the hob was pressed by means of a hydraulic press. Blades on a ploughshare body and on a tine were strengthened by hard alloy metal surfacing. The authors carried out a cycle of field tests in soil climatic conditions, the most characteristic for the central regions of the Russian Federation. Results of tests showed that on the soils optimum for plowing where the hardness of the soil did not exceed 2.5-3 MPa and the number of stony inclusions was minimum, the resource of test ploughshares by 2.5-2.8 times exceeded a resource of commercial ones and made 80-110 ha per a unit. On heavy clay and loamy soils, with the hardness up to 4 MPa and above, the resource of test ploughshares reached 25-33 ha per a unit that also above commercial ones by 2.7-3.2 times which resource did not exceed 12-18 ha. On soils with quartz particles high content and stony inclusions breakages and deformation of ploughshares became the main reason for nonoperations. The mean life of an engineering prototypes made 8-10 ha per a ploughshare, at the commercial ones did not exceed 2.5 ha. Tests showed significant superiority of ploughshares with a bolt-on tine both on a resource, and on reliability.

**Keywords:** Ploughshare; Tine; Resource; Surface hardening; Soil hardness; Ploughshare wear.

■ **For citation:** Lobachevskiy Ya.P., Liskin I.V., Sidorov S.A., Mironov D.A., Kurbanov R.K., Working out and production technique of soil cultivating working tools. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 3-8. (In Russian)

**В**ИМ созданы и изготовлены опытные лемехи с накладным долотом, которые значительно превосходят серийно выпускаемые цельные долотообразные орудия типа П-702 по ресурсным показателям, надежности и качеству обработки почвы.

Лемехи цельной конструкции имеют преимущества по тяговым характеристикам (тяговое сопротивление цельных долотообразных лемехов на 5-10% ниже, чем лемехов, например, с накладным долотом), однако по ресурсу и долговечности они уступают в 2-4 и более раз [1-4]. Особенно их эксплуатационные качества, и в первую очередь прочность, минимальны на тяжелых почвах, а также на почвах с каменными включениями [5, 6].

**Цель исследования** – анализ результатов полевых испытаний опытных лемехов в почвенно-климатических условиях, отражающих основные пахотно-посевные зоны центральных регионов Российской Федерации.

**Материалы и методы.** Для изготовления опытных лемехов в качестве основного материала использовали кремне-марганцовистую хромистую сталь, применяемую в промышленном производстве, имеющую в термообработанном состоянии предел прочности более 1580 МПа. Форма остова лемеха в плане представляла собой косую трапецию, где лезвие режущей части по отношению к спинке располагалось под углом  $f$  (рис. 1), который обеспечивал сужение лезвия лемеха по ширине от полевого к бороздному обрезу, то есть от носка к пятке.

Предварительные испытания показали, что принятая величина угла  $\alpha$  не влияла на устойчивость хода плуга по глубине [7].

Такая конструкция позволяет увеличить заглубляющую способность на носке и снизить тяговое сопротивление на пятке. При этом для увеличения прочности носка как наиболее нагруженного элемента в зоне полевого обреза устанавливали на-

кладное долото, прикрепленное двумя болтами на носовой части.

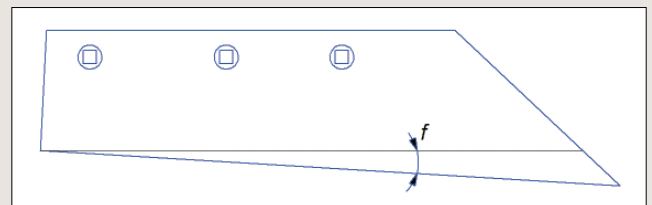


Рис. 1. Трапециевидный лемех с лезвием переменной ширины, уменьшающейся от носка к пятке

Fig. 1. Trapezoid ploughshare with a blade of alternating width decreasing from a tin to a butt

Увеличение ресурса и прочности лемеха достигнуто двумя основными путями. Во-первых, решили сделать на носке не два крепежных отверстия для установки долота, как обычно, а четыре, чтобы по мере износа долота его можно было выдвинуть вперед, переставляя болты с верхних на нижние отверстия в носке [8] (рис. 2).

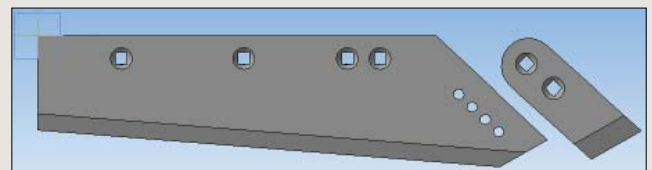


Рис. 2. Остов опытного лемеха и долота

Fig. 2. Body of test ploughshare and tine

Тем самым увеличится вылет долота, и ресурсный потенциал лемеха возрастает вследствие восстановления заглубляющей способности. В случае поломки долота его можно быстро заменить, не снимая лемех с корпуса плуга. Во-вторых, достигнута оптимальная геометрия режущей части путем создания криволинейной поверхности лицевой стороны остова лемеха, имеющей эвольвентную форму, которая проходит в направлении от первого

крепежного отверстия до бороздного обреза [9]. При установке такого лемеха на башмак корпуса плуга угол наклона режущей части лезвия ко дну борозды (угол резания) плавно меняется от 43° в сечении, перпендикулярном спинке и проходящем через первое крепежное отверстие, до 23° в сечении, также перпендикулярном спинке и расположенном в точке пересечения бороздного обреза и спинки. Такое расположение лезвия обеспечивает оптимальную заглабляющую способность лемеха в носовой, наиболее нагруженной части, и минимальное тяговое сопротивление на остове и пятке в результате достигнуто максимально возможное использование заложенного в лемехе технического ресурса, определяемого шириной лемеха, при которой начинают обнажаться болты крепления с башмаком. Углы резания, увеличенные в носовой части и минимальный на пятке, способствуют устойчивому поддержанию необходимой остроты лезвия и снижению энергозатрат при пахоте.

Для сравнения, серийный лемех П-702 имеет постоянный угол резания по всей длине лемеха, равный 36-39° [10]. При такой постановке угла резания в серийном лемехе происходит ускоренный износ носка лемеха, поэтому лемех выбраковывают ранее срока технического ресурса, установленного для него на производстве.

Изготовление опытного лемеха с накладным долотом заключалось в следующем. Заготовки остова лемеха и долота вырезали из стального листа толщиной 12 мм с помощью лазерной установки [11]. Лазер обеспечивает большую точность в размерах и более высокое качество заготовки по сравнению с традиционной рубкой на гильотинных ножницах. При лазерной резке не образуются заусенцы, сколы, неровности и поводки по периметру заготовок, полный процесс изготовления проходит в один цикл. Далее в заготовках делали необходимые отверстия, затачивали лезвия, осуществляли операцию гибки в штампе, наплавку и подвергали их термообработке до 45-50 HRC.

Для получения необходимой кривизны лицевой стороны остова лемеха был спроектирован и создан специальный штамп, матрица и пуансон которого имеют поверхности заданных параметров кривизны. Нагретую до температуры 900-920°C деталь устанавливали на матрицу, а пуансон прижимали с помощью гидравлического пресса (рис. 3).

Для повышения износостойкости и прочности режущей части на тыльную сторону лезвия нанесен слой твердого сплава шириной 20-25 мм и толщиной 2,5-3 мм.

Наплавку проводили как на остове лемеха, так и на долоте с применением высокоскоростной плаз-



Рис. 3. Штамповка лемеха: а – положение перед работой; б – момент прижатия пуансона к матрице с заготовкой лемеха: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – лемех

Fig. 3. Ploughshare press forming: a – preoperating stage; b – Moment of pressing of a hob to a matrix with a ploughshare blank: 1 – hob; 2 – matrix; 3 – ploughshare



Рис. 4. Вид лемеха с тыльной стороны (наплавка выделена черным цветом)

Fig. 4. Back ploughshare view (welding deposition is highlighted in black)



Рис. 5. Плазменно-порошковая наплавка лемеха

Fig. 5. Plasma-powder surfacing of ploughshare

менно-порошковой установки [12] (рис. 4, 5). Для наплавки использовали высокопрочные порошки на никелевой основе [13].

Полевые испытания опытных лемехов с накладным долотом проводили в хозяйствах Тульской области (Щекинский район, село Крапивна, СПК «Крапивенский»), Владимирской области (Петушинский район, поселок Нагорный, Владимирская МИС), Московской области (Сергиево-Посадский район, деревня Кузьмино, СПАК Кузьминский). В целом были охвачены наиболее характерные почвенные условия центральных районов Российской Федерации. Контрольным вариантом служил серийно выпускаемый лемех П-702 с наплавкой лезвия. Характеристика почвенных показателей и результаты полевых испытаний представлены в таблице и на рисунке 6.

**Результаты и обсуждение.** Результаты полевых испытаний показали, что на почве, наиболее бла-



Table		Таблица				
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ЛЕМЕХОВ С НАКЛАДНЫМ ДОЛОТОМ КОНСТРУКЦИИ ВИМ И СЕРИЙНЫХ П-702						
RESULTS OF FIELD TESTS OF SKILLED PLOUGHSHARES WITH BOLT-ON TINE DESIGNED VIM AND S COMMERCIAL ONES P-702						
Варианты лемеха Ploughshare variants	Средняя наработка на лемех, га Ploughshare mean life, ha	Выбраковка по предельному износу или в связи с выглублением плуга, % Rejection because of limit wear or out of plow, %	Выбраковка по поломкам и деформациям, % Rejection because of breakages and deformations, %	Нарработка до предельного износа долота, га Limit wear life of a tine, ha	Нарработка до предельного износа остова, га Limit wear life of a body, ha	
Тульская область, Щекинский район, с. Крапивна, СПК «Крапивенский», тип почвы – средний суглинок, твердость почвы Н = 2,5-3,2 МПа Tula region, soil hardness Н=2.5-3.2 МПа						
ВИМ VIM	95,3	81	0	48	100	
П-702 P-702	35,1	72	28	-	-	
Владимирская область, Петушинский район, поселок Нагорный, ФГБУ Владимирская МИС, тип почвы – средний и тяжелый суглинок, твердость почвы Н = 3,5-5,2 МПа Vladimir region, soil hardness Н=3.5-5.2 МПа						
ВИМ VIM	28,4	81*	29	13,1	29,8	
П-702 P-702	9,7	60	40	-	-	
Московская область, тип почвы – легкий и средний суглинок, с каменистыми включениями, твердость почвы Н = 3,9-5 МПа Moscow region, soil hardness Н=3.9-5.0 МПа						
ВИМ VIM	9,1	40	60	5,2	9,2	
П-702 P-702	1,8	-	100	-	-	
* часть лемехов не достигла предельного состояния * some ploughshares were not limit-state						

гоприятной для вспашки, где ее твердость не превышает 2,5-3 МПа и количество каменистых включений минимально или отсутствует (при испытаниях не обнаружено), ресурс опытных лемехов превысил ресурс серийных в 2,5-2,8 раза (данные по Тульской области) и составил 80-110 га на лемех [14].

На тяжелых почвах – глинистых и тяжелосуглинистых – твердостью до 4 МПа и выше (данные Владимирской МИС) разница в ресурсе лемехов составила 2,7-3,2 раза; при этом наработка у опытных лемехов достигала 22-27 га/лемех, серийных – не превышала 9,7 га/лемех. Следует отметить, что опыт-



Рис. 6. Вид лемехов при пахоте тяжелосуглинистых почв (Владимирская МИС):

a – серийный лемех, выбракованный в связи с затуплением носка и лезвия, из-за выглубления плуга; b – характерный износ носка серийного лемеха; c – опытный лемех с накладным долотом после наработки 27 га, работоспособен

Fig. 6. Ploughshares view at hard loamy soil plowing (Vladimir test station):

a – production ploughshare discarded because of plow tip and blade blunting, out of plow; b – characteristic wear of a production plow tip; c – test ploughshare with bolt-on tine after 27 ha mean life, operative

ные лемехи теряли работоспособность в основном из-за предельного износа режущей части долота, тогда как основа лемеха оставалась в работоспособном состоянии. Реже выбраковку проводили вследствие затупления лезвия остова и долота, что становилось причиной выглубления плуга. Благодаря выдвиганию долота наработка возрастала еще на 15-20%. Большинство серийных лемехов вышло из строя по поломкам и изгибам в носовой части (до 40%) и предельному износу носка (37%).

Проводились также испытания на почвах с большим содержанием кварцевых частиц и каменистых включений в северной части Московской области. Изнашивающая способность таких почв наиболее значительная [15-17].

Средняя наработка опытных лемехов составила здесь не более 8-10 га на лемех, наработка серийных не превышала 2,5 га. Опытные лемехи теряли работоспособность в основном из-за изгиба носка остова вместе с долотом в зоне полевого обреза (более 60% отказов) и вследствие предельного износа долота и затупления остова лемеха (около 40%). У серий-



ных лемехов все отказы происходили из-за поломок и деформаций. Анализ работы опытных и серийных лемехов в различных почвенных условиях выявил значительное превосходство лемехов с накладным долотом как по ресурсу, так и по надежности.

**Выводы**

1. Установлено, что составные лемеха приобретают все большую популярность в развитии почвообрабатывающей техники по сравнению с цельными лемехами.

2. Опытные лемехи конструкции ВИМ с накладным долотом превосходят серийно выпускаемые П702 во всех основных почвенных зонах централь-

ной части Российской Федерации в 2,5-5,5 раза.

3. Конструкция опытного лемеха с криволинейной поверхностью эвольвентной формы позволяет оптимально распределить тяговые характеристики и интенсивность изнашивания лемеха в процессе вспашки.

4. Смещение долота вниз по мере его изнашивания дает возможность увеличить ресурс лемеха не менее чем на 15-20%.

5. Быстрая замена изношенного или поломанного долота при работоспособном остове позволяет еще увеличить ресурс и достигнуть более полного использования ресурса износа металла, заложенного в конструкцию лемеха.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. EUROZAPPA catalogo generale, 2011: 324.
2. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Терновский А.А., Верещага И.Н. Об особенностях работы и изнашивания плужных лемехов с накладным долотом // Интеллектуальные машины, технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции Москва, 15-16 сентября 2015. Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 80-85.
3. 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. №6. С. 25-28.
4. Сизов О.А., Беликова Р.Р., Миронов Д.А., Миринова А.В. Экспериментальное исследование сил, действующих на режущие элементы плоского ножа при резании // Интеллектуальные машины, технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15-16 сентября 2015. Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 194-198.
5. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. М.: Росинформагротех, 2005. 116 с.
6. Лискин И.В., Миронов Д.А. Влияние почвенных условий на износ рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №5. С. 29-31.
7. Пат. N 2040868 РФ. Лемех / Лискин И.В., Бернштейн Д.Б. // Бюл. 1995. N24.
8. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1965. 311 с.
9. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения: Пер. с англ. М.: Наука, 1971. 282 с.
10. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Поткин С.Н., Еремин П.А. Обоснование и разработка нового плужного лемеха конструкции ВИМ // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сборник докладов Международной научно-технической конференции М.: ВИМ, 2014. С. 101-104.
11. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков 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. №2. С. 80-81.
12. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационно-ресурсных характеристик лемехов плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №6. С. 14-17.
13. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Миронов Д.А., Родионова И.Г., Кузнецов П.А., Голосиенко С.А., Бобкова Т.И., Деев А.А., Чернобаев С.П., Пичужкин С.А., Рябов В.В., Кудрявцева И.В., Юрков М.А. К вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, Углич, 10-12 сентября 2012 г. Ч. 1, 2. М.: ВИМ, 2012. С. 229-234.
14. Flenniken J. I., Hefner R. E., Weber J. A. Dynamik Soil Strength Parameters from Unconfined Compression Tests // Transaction of the ASAE; 1977, Vol. 20; 1: 21-25, 29.
15. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Волобуев В.А. Технологии и технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозугодий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. №4. С. 17-21.
16. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2012. №3. С. 29-31.
17. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №8. С. 30-32.

## REFERENCES

1. EUROZAPPA catalogo generale, 2011: 324. (In Italian)
2. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Ternovskiy A.A., Vereshchaga I.N. About features of work and wear of plow ploughshares with bolt-on tine. *Intellectual'nye mashiny, tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 15-16 sentyabrya 2015 g.* [Intelligent machine technologies and equipment for realization of state program of agriculture development: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 15-16 september 2015]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2015: 80-85. (In Russian)
3. Mironov D.A., Liskin I.V., Sidorov S.A. Influence of geometrical parameters of chisel on traction characteristics and resource of domestic ploughshares. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii.* 2015; 6: 25-28. (In Russian)
4. Sizov O.A., Belikova R.R., Mironov D.A., Mironova A.V. Eksperimental'noe issledovanie sil, deystvuyushchikh na rezhushchie elementy ploskogo nozha pri rezanii [Pilot study of flat knife cutting elements forces when cutting]. *Intellectual'nye mashiny, tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 15-16 sentyabrya 2015 g.* [Intelligent machine technologies and equipment for realization of state program of agriculture development: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 15-16 september 2015]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2015: 194-198. (In Russian)
5. Lobachevskiy Ya.P., Kolchina L.M. Sovremennoe sostoyaniye i tendentsii razvitiya pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Current state and tendencies of soil-cultivating machines development]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2005: 116. (In Russian)
6. Liskin I. V., Mironov D.A. Influence of soil conditions on wear of working tools. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii.* 2013; 5: 29-31. (In Russian)
7. Pat. No. 2040868 RF. Lemekh [Ploughshare]. Liskin I.V., Bernshteyn D.B. Byul. 1995; 24. (In Russian)
8. Sineokov G.N. Proektirovaniye pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Design of soil-cultivating machines]. Moscow: Mashinostroeniye, 1965: 311. (In Russian)
9. Ahlberg J.H., Nilson E.N., Walsh J.L. Teoriya splaynov i ee prilozheniya [The Theory of Splines and Their Applications]. Moscow: Nauka, 1971: 282. (In Russian)
10. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Potkin S.N., Eremin P.A. Obosnovaniye i razrabotka novogo pluzhnogo lemekha konstruksii VIM [Justification and working out of new ploughshare odesigned VIM]. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii:* Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 17-18 sentyabrya 2014 g. [Innovative development of AIC of Russia on basis of intellectual machine technologies: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 17-18 september 2014]. Moscow: VIM, 2014: 101-104. (In Russian)
11. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskiy staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [Bimetallic steels use for increase of a resource of working tools of agricultural machines]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2013; 2: 80-81. (In Russian)
12. Sidorov S.A., Mironov D.A. Justification of increase of ploughshares operational and resource characteristics. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii.* 2013; 6: 14-17. (In Russian)
13. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Mironov D.A., Rodionova I.G., Kuznetsov P.A., Golosienko S.A., Bobkova T.I., Deev A.A., Chernobaev S.P., Pechushkin S.A., Ryabov V.V., Kudryavtseva I.V., Yurkov M.A. K voprosu primeniya novykh nanomaterialov dlya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Use of new nanomaterials for cultivating machines working elements revisited]. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologii i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Uglich, 10-12 sentyabrya 2012 g.* [Modernization of agricultural production on basis of innovative machine technologies and automated systems: Proceedings of the International scientific and technical conference, Uglich, 11-12 september 2012]. Moscow: VIM, 2012: 229-234. (In Russian)
14. Flenniken J. I., Hefner R. E., Weber J. A. Dynamik Soil Strength Parameters from Unconfined Compression Tests. *Transaction of the ASAE;* 1977, Vol. 20; 1: 21-25, 29. (In English)
15. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A., Volobuev V.A. Technologies and technical means for restoration of not used and degraded farmland. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii.* 2009; 4: 17-21. (In Russian)
16. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K. Scientific principles of increasing the wear resistance of tillage working tools. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2012; 3: 29-31. (In Russian)
17. Lobachevskiy Ya.P. Modern tillage technologies and technics. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* 2000; 8: 30-32. (In Russian)

**Критерии авторства.** Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution.** The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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