

УДК 631.362.322

DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.21-26

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС

Сидоров С.А.*, докт. техн. наук;
Поткин С.Н.;

Миронов Д.А.;
Лискин И.В.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: vim@vim.ru

Исследования изнашивания рабочих органов сельхозмашин, особенно почворежущих деталей, в полевых условиях усложнены из-за непостоянства свойств почвенной массы. Разработали метод исследования изнашивания материалов, включающий использование двух стендов. На стенде ИМ-01 испытывали плоские шлифованные образцы, где износ определяли по массе взвешиванием на аналитических весах. Второй стенд (КПС) представлял собой круговой почвенный канал, в который помещали абразивную массу, состоящую из частиц глины, песка и других компонентов, входящих в реальные почвы. Разработали приближенную оценку коэффициента относительной износостойкости для двухслойных фрагментов почворежущих лезвий. Отметим, что этот коэффициент на круговом почвенном стенде может быть определен напрямую только при сравнении монометаллических фрагментов изделий (по их линейному износу). На стенде ИМ-01 коэффициент рассчитали по сравнительным данным весовых износов практически для любых материалов. Установили, что «перенос» результатов лабораторных испытаний на реальные условия изнашивания возможен лишь с некоторым приближением: на практике разница в сравниваемых результатах составляет 30-35 процентов. Лабораторные испытания на стенде ИМ-01 проводили при нагрузке 4,85 Н в течение 0,5 ч для каждого образца. В качестве эталона использовали сталь 65Г твердостью 40 ± 2 HRC, абразивный материал – корунд фракции 0,2-0,4 мм. Испытания на круговом почвенном стенде проводили при скорости вращения приводного механизма 40 оборотов в минуту, что соответствовало скорости движения образцов 2,2 метра в секунду. Угол резания установки ко дну борозды аналогичен этому показателю для плужного лемеха и равен 30 градусам. Показали, что из выбранных материалов и твердых сплавов лучшие результаты имеет взятая за основу сталь 50ХФА с твердым сплавом ПР-ФБЮ-1-4. По сравнению с эталонным образцом, износостойкость увеличилась в 2,9 раза по массе и в 3,5 раза по линейному размеру. Установили, что использование в производстве новых материалов с улучшенными характеристиками по износостойкости может повысить ресурс рабочих деталей, в частности плужных лемехов, в 2,5-3 раза, при этом эффективность по принципу «цена – качество» увеличится в 2,1 раза.

Ключевые слова: плужный лемех, износостойкость, ресурс рабочих деталей, испытательный стенд.

■ **Для цитирования:** Сидоров С.А., Поткин С.Н., Миронов Д.А., Лискин И.В. Комбинированные лабораторные исследования материалов рабочих органов на абразивный износ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №6. С. 21-26. DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.21-26

COMBINED LABORATORY ABRASION TEST OF WORKING TOOLS MATERIALS

S.A. Sidorov*, Dr. Sci. (Eng.),
S.N. Potkin,

D.A. Mironov,
I.V. Liskin

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: vim@vim.ru

Researches of wear of agricultural machines working tools, especially soil cutting elements, in field conditions are complicated because of inconstancy of properties of soil mass. The authors developed the method of a research of materials wear with use of two stands. At the IM-01 stand flat grinded samples were tested. Wear was determined by weighing on analytical scales. The second stand (KPS) represented the circular soil canal in which placed the abrasive weight consisting of the particles of clay, sand and other components existing in real soils. Approximate assessment of coefficient of relative wear resistance for two-layer fragments of soil cutting blades was developed. This coefficient can be determined at the rotary soil stand directly only when comparing monometallic fragments of products (by their linear wear). In case of IM-01 stand the coefficient was calculated according to comparative data of weight wear practically for any materials. «Transfer» of laboratory researches results to real conditions of wear is possible only approximately: in practice the difference in the

compared results equals 30-35 percent. Laboratory researches by the IM-01 stand were spent in case of loading 4.85 N during 0.5 h for each sample. steel 65G with the hardness of 40 ± 2 HRC was used as a standard, corundum of fraction of 0.2-0.4 mm was as abrasive material. Rotary soil stand testing was carried out at a speed of rotation of the driving mechanism 40 revolutions per minute that corresponded to the speed of movement of samples 2.2 meters per second. The cutting angle of installation to a furrow bottom is similar to this indicator for a ploughshare and equals to 30 degrees. From the chosen materials and hard alloys the best results has taken a basis steel 50KhFA with hard PR-FBYu-1-4 alloy. In comparison with a reference sample, weight wear resistance increased by 2.9 times, and linear one risen by 3.5 times. Use of new materials with the improved characteristics of wear resistance can raise a resource of working tools, in particular ploughshares, by 2.5-3 times, at the same time efficiency by the principle «price – quality» can increase by 2.1 times.

Keywords: Ploughshare; Wear resistance; Working elements life; Test stand.

For citation: Sidorov S.A., Potkin S.N., Mironov D.A., Liskin I.V. Combined laboratory abrasion test of working tools materials. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 6: 21-26. DOI 10.22314.2073-7599-2016.6.21-26 (In Russian)

В полевых условиях исследования изнашивания рабочих органов сельскохозяйственных машин, почворезущих деталей усложнены из-за непостоянства свойств обрабатываемой почвенной массы вследствие ее неоднородности и изменения климатических условий [1]. В послеуборочный период большое влияние на эксплуатационные характеристики почворезущих деталей оказывают также корневые и пожнивные остатки [2].

Поэтому во многих случаях единственно возможным способом сравнительных испытаний остаются лабораторные методы с использованием различных стандов, обеспечивающих взаимодействие образцов или фрагментов рабочих деталей с абразивными частицами, присутствующими в почве.

Цель исследования – разработка и апробация метода лабораторных исследований образцов и моделей почворезущих рабочих органов на абразивное изнашивание с последующими рекомендациями по изготовлению опытной партии деталей для эксплуатационных полевых испытаний.

Материалы и методы. В ВИМ разработан метод исследования изнашивания материалов, включающий использование двух стандов (рис. 1 и 2).

На станде ИМ-01 испытывают плоские шлифованные образцы, где износ определяют по массе путем взвешивания на аналитических весах [3]. Методика испытаний заключается в истирании образца, непосредственно контактирующего с подвижным резиновым роликом определенной пластичности. При этом в зону контакта непрерывно поступают из вращающегося барабана абразивные частицы (кварц или корунд, в зависимости от поставленной задачи), которые, проходя между роликом и поверхностью образца, воздействуют своими острыми краями на образец, неподвижно закрепленный в державке. Для обеспечения необходимой интенсивности изнашивания образца и ускорения испытаний предусмотрены грузы различной массы, которые через плечо державки передают усилие на подвижный ролик в зоне его контакта с



Рис. 1. Стенд ИМ-01:

a – общий вид; b – державка с образцом; c – монометаллический образец после трехкратного испытания; d – образец с упрочненным слоем после трехкратного испытания

Fig. 1. Stand IM-01:

a – general view; b – holder with the sample; c – monometallic sample after three times test; d – sample with hardened layer after three times test

образцом. По окончании опыта испытуемый образец взвешивают и сравнивают с эталоном, выполненным из стали 65Г, наиболее часто используемой в почвообрабатывающих деталях.

Второй стенд представляет собой круговой почвенный канал, в который помещена абразивная масса из частиц глины, песка и других компонентов, входящих в состав реальных почв (рис. 2) [4]. Абразивная масса уплотняется катками, которые

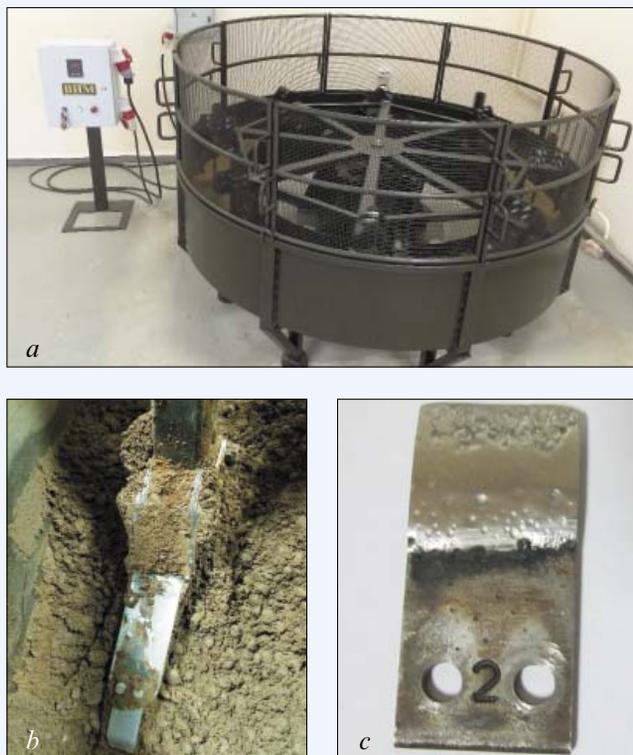


Рис. 2. Круговой почвенный стенд:
 а – общий вид; б – фрагмент стойки с державкой и образцом;
 с – образец с упрочненным лезвием (вид с тыльной стороны)
 Fig. 2. Rotary soil stand:
 а – general view; б – fragment of shank with holder and sample;
 с – sample with the hardened blade (back side view)

приводятся в движение передачей, состоящей из мотор-редуктора и приводного вала. От этого же привода приходят в движение испытываемые образцы (модели или фрагменты рабочих органов) и рыхлители для устранения возникающей почвенной подошвы на дне борозды. Угол резания образцов и глубина обработки устанавливаются специальными приспособлениями. На стенде испытывают одновременно два образца: опытный и эталон из стали 65Г. Продолжительность испытаний определяют критериями предельных состояний моделированных рабочих органов [5]. Смена абразива осуществляется каждые 12 ч. Скорость вращения приводного вала изменяют с помощью потенциометра на электронном регулировочном устройстве. Твердость и относительная влажность абразивной массы определяют аналогично подобным измерениям в полевых условиях.

Сущность проведения лабораторных исследований на двух различных по схемам изнашивания стендах состоит в том, что на стенде ИМ-01 испытываются только образцы материалов. При этом износостойкость образцов зависит лишь от прилагаемой нагрузки и физико-механических свойств ролика и абразива. Тем самым повышается точность проведения эксперимента, поскольку на из-

нос влияет минимальное количество факторов [6].

Круговой почвенный стенд позволяет испытывать на износостойкость не только материалы, но и фрагменты или модели с геометрическими параметрами, сходными с реальными почворезущими деталями [7]. Так как главным рабочим элементом в этом случае служит лезвие, то можно придавать ему соответствующие геометрическую форму, установочные углы, глубину резания и, что не менее важно, исследовать не только моно-, но и биметаллические поверхности лезвий, какие часто применяют на производстве. Основным изнашивающим параметром на круговом стенде считается линейный размер, который в большинстве случаев определяет долговечность и работоспособность детали. Недостаток кругового стенда, по сравнению со стендами типа ИМ-01, заключается в увеличении количества факторов, влияющих на износ, например влажности и твердости абразивной среды. По этой причине комбинированное исследование одновременно на вышеназванных лабораторных стендах представляется наиболее удачным решением при подаче рекомендаций к использованию в разработке новых рабочих органов оптимальных материалов и конструкторских предложений.

Лабораторные испытания на стенде ИМ-01 проводили при нагрузке 4,85 Н в течение 0,5 ч для каждого образца. В качестве эталона использовали сталь 65Г твердостью 40 ± 2 HRC, абразивный материал – корунд фракции 0,2-0,4 мм.

Для испытаний выбрали сталь и твердые сплавы, в основном серийно выпускаемые металлургической промышленностью (табл. 1).

Результаты и обсуждение. Анализ результатов лабораторных испытаний материалов показал, что благодаря использованию новых отечественных материалов можно повысить износостойкость почворезущих рабочих органов сельхозмашин в 2,5-3,3 раза.

Следует отметить, что «перенос» результатов лабораторных испытаний на реальные условия изнашивания возможен лишь с некоторым приближением: разница достигает 30-35% [8]. Это объясняется как условиями лабораторных испытаний, так и реальным различием в свойствах почв. В частности, в данном лабораторном процессе изнашивания моделируется в основном процесс микрорезания [9]. А в эксплуатационных условиях возможны, наряду с микрорезанием, другие процессы изнашивания: полидеформационный, усталостного выкрашивания, химический [10].

Испытания на установке типа ИМ-01 дают основание для выбора материалов, наилучших с позиции износостойкости и стоимости. В ходе окончательных лабораторных исследований на почвенном круговом стенде можно рекомендовать мате-

Table 1		Таблица 1		
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТАЛИ И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК НА СТЕНДЕ ИМ-01 RESULTS OF IM-01 STAND TEST OF DIFFERENT STEELS AND HARD ALLOY METALS				
Материал Material	Твердость HRC Hardness HRC	Весовой износ, г Weight wear, g	Коэффициент относительной износостойкости Coefficient of relative wearability	Цена за 1 т, тыс. руб.* 1 t price, ths rubles
Сталь 65Г Steel 65G	38-41	0,0212	1,00	45
Сталь 30ХГСА Steel 30KhGSA	47-51	0,0198	1,07	55
Сталь 50ХФА Steel 50KhFA	49-53	0,0194	1,09	64
Твердый сплав ПГ-С27 Hard alloy metal PG-S27	49-53	0,0082	2,59	170
Твердый сплав ПГ-ФБХ-6-2 Hard alloy metal PG-FBKh-6-2	62-67	0,0068	3,12	200
Твердый сплав ПГ-ФБЮ-1-4 Hard alloy metal PG-GBU-1-4	54-61	0,0064	3,31	240

* в ценах 2015 г. / in 2015 prices

риалы для изготовления опытной партии рабочих органов, чтобы провести полевые эксплуатационные испытания.

Испытания на круговом почвенном стенде помогают определить износостойкость тех же материалов, что и на ИМ-01, только уже не по массе, а по линейному размеру, то есть по длине испытуемого образца. Чтобы сохранить подобие режущей части образца к реальной детали, методикой предусматривались комбинации, состоящие из различных марок сталей и наплавленных на них твердосплавных порошков. Наплавку проводили на плазменной установке [11].

Необходимо отметить, что такой важнейший показатель, характеризующий свойства материалов, как коэффициент относительной износостойкости $K_{ио}$, на круговом почвенном стенде может быть определен напрямую только при сравнении монометаллических фрагментов изделий (по их линейному износу). Для двухслойных (биметаллических, наплавленных) фрагментов определить его напрямую невозможно. На стенде ИМ-01 коэффициент $K_{ио}$ вычисляют по сравнительным данным весовых износов практически для любых материалов. Поэтому для кругового почвенного стенда разработали приближенную оценку коэффициента относительной износостойкости испытуемых материалов для двухслойных фрагментов почворежущих лезвий.

Сначала определяют коэффициент повышения линейной износостойкости двухслойного фрагмента в сравнении с однослойным, изготовленным из того же материала основы, что и биметаллический (наплавленный) образец, по формуле:

$$K_{ли} = \frac{I_{л.сер}}{I_{л.оп}}$$

где $K_{ли}$ – коэффициент линейной износостойкости;
 $I_{л.сер}$ – линейный износ монометаллического фрагмента основы, мм;

$I_{л.оп}$ – линейный износ опытного двухслойного наплавленного фрагмента, мм.

Коэффициент относительной износостойкости покрытия (твердосплавного слоя) вычисляют приближенным методом по формуле:

$$K_{ио}^{пок} \approx \frac{\sqrt{h_{ос}}}{\sqrt{h_{пок}}} \cdot K_{ли},$$

где $K_{ио}^{пок}$ – относительная износостойкость материала покрытия;

$h_{ос}$ – толщина основы материала детали, мм;

$h_{пок}$ – толщина покрытия (твердого сплава), мм.

Данная приближенная методика основана на известном факте пропорциональности линейного износа толщине упрочняющего слоя, взятой в степени 0,5-0,6 [12].

Испытания на круговом почвенном стенде проводили при скорости вращения приводного механизма 40 об/мин, что соответствовало скорости движения образцов 2,2 м/с. Глубина резания равна 15 см, почвенная масса представлена 70% кварцевого песка и 30% глины, угол резания (установки ко дну борозды) – 30°, что соответствует углу резания плужного лемеха, время одного испытания – 20 ч. Относительная влажность во время проведения экспериментов находилась в пределах 12-14%, твердость почвенной массы – 1,4-1,6 МПа. Толщина основы испытуемых образцов после шлифовки составила $5 \pm 0,2$ мм, твердого сплава – около 2,5 мм. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Как показали испытания на круговом почвенном стенде, аналогичные результаты получены на всех образцах стали в сочетании с твердыми сплавами ПГ-ФБЮ-1-4 и ПГ-ФБХ-6-2.



Table 2

Таблица 2

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МОНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НАПЛАВЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ НА КРУГОВОМ ПОЧВЕННОМ СТЕНДЕ
RESULTS OF ROTARY SOIL STAND TEST OF MONOMETALLIC AND BUILT-UP SAMPLES**

Материал Material	Твердость HRC Hardness HRC	Линейный износ, мм Linear wear, mm	Относительная износостойкость образца по линейному фактору Relative wear resistance of a sample on a linear factor
<i>Основа: сталь 65Г / Base: steel 65G</i> + сплав / alloy: ПГ-С27 / PG-S27 ПГ-ФБХ-6-2 / PG-FBKh-6-2 ПГ-ФБЮ-1-4 / PG-FBYu-1-4	40-42	5,0	1,00
	51-53	2,7	2,60
	58-62	2,3	3,11
	59-61	2,2	3,16
<i>Основа: сталь 30ХГСА / Base: steel 30KhGSA</i> + сплав / alloy: ПГ-С27 / PG-S27 ПГ-ФБХ-6-2 / PG-FBKh-6-2 ПГ-ФБЮ-1-4 / PG-FBYu-1-4	47-49	4,2	1,19
	51-53	2,6	2,65
	58-62	2,2	3,16
	59-61	2,2	3,16
<i>Основа: сталь 50ХФА / Base: steel 50KhFA</i> + сплав / alloy: ПГ-С27 / PG-S27 ПГ-ФБХ-6-2 / PG-FBKh-6-2 ПГ-ФБЮ-1-4 / PG-FBYu-1-4	46-50	4,1	1,21
	51-53	2,6	2,65
	58-62	2,2	3,16
	59-61	2,2	3,16

По сравнению с эталонным образцом, износостойкость увеличилась в 2,9 раза по массе и в 3,5 раза по линейному размеру. При этом стоимость материалов и изготовления образца из стали 50ХФА возросла в 1,9 раза. Данные складывались из стоимости материала, приходящегося на деталь (в данном случае применительно к плужному лемеху) и на твердый сплав для его упрочнения. В совокупности эффективность по принципу «цена – качество» увеличилась в 1,6 раза.

В случае применения материалов из стали 30ХГСА и сплава ПГ-ФБХ-6-2 износостойкость, по сравнению с эталоном, возросла в 2,6 по массе и 3,1 по линейному размеру. При этом эффективность по принципу соотношения «цена – качество» выросла в 2,1 раза.

Подобная эффективность по износостойкости наблюдается и в случае применения стали 65Г со сплавом ПГ-ФБХ-6-2, однако по прочности она уступает стали 30ХГСА на 40-50% [13]. Прочность, как и износостойкость, является важнейшим фактором, влияющим на работоспособность и ресурс

почвообрабатывающих деталей. Временное сопротивление на разрыв у стали 65Г составляет 970-1080 МПа, у 30ХГСА – 1530-1610 МПа.

Для изготовления партии опытных плужных лемехов рекомендована сталь 30ХГСА с наплавкой твердым сплавом ПГ-ФБХ-6-2.

Выводы

Метод исследования изнашивания образцов и фрагментов почвообрабатывающих деталей на абразивный износ, включающий использование двух стендов, дает возможность изучить не только материалы, но и влияние их геометрических параметров на работоспособность детали в целом.

Для изготовления партии опытных плужных лемехов рекомендована сталь 30ХГСА с наплавкой твердым сплавом ПГ-ФБХ-6-2.

Использование в производстве новых материалов с улучшенными характеристиками по износостойкости повысит ресурс рабочих деталей, в частности плужных лемехов, в 2,5-3 раза, при этом эффективность соотношения «цена – качество» увеличится в 2,1 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лискин И.В., Миронова А.В., Миронов Д.А., Поткин С.Н., Терновский А.А. Модель почвы для исследования износа лезвий // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2015. С. 77-80.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Волбуев В.А. Технологии технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозорудий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. N4. С. 17-21.
3. Бернштейн Д.Б., Яшин А.В. Прибор для изнаши-

4. Сидоров С.А. Методика расчета на износостойкость моно- и биметаллических почворезущих рабочих органов // Тракторы и сельхозмашины. 2003. N12. С. 35-39.
5. Бернштейн Д.Б., Лискин И.В. Моделирование абразивного износа почворезущего лезвия // Трение и износ. 1993. Т. 14. N6. С. 1025-1036.
6. Sprinkle L.W., Langston T.D., Weber J.A., Sharov N.M. A similitude study with static and dynamic parameters in an artificial soil. Transactions of the ASAE. 1970: 580-586.
7. Рабинович И.П., Розенбаум А.Н. Лабораторные испытания на изнашивание материалов для лемехов // По-

вышение износостойкости лемехов: Сборник научных трудов. М.: МАШГИЗ, 1956. С. 27-45.

8. Золотарев С.А. Аналитические зависимости силового воздействия рабочих поверхностей модуля «корпус-запужник» на пласт почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N1. С. 15-17.

9. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970. 252 с.

10. Wingate-Hill R., Davis G., Bowditch H. Weer of hard facing treatments applied to shares of tined tillage implements // Transactions of the Institution of Engineers. Mechanical Engineering Transactions. Australia. 1979: 11-16.

11. Сидоров С.А. Применение плазменной наплавки в среде сжатого воздуха для повышения износостойкости почворежущих рабочих органов сельскохозяйственных машин // Сборник. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей. М.: Экспресс-информация, ЦНИИТЭИ, 1986. Выпуск 4. С. 8-9.

12. Moeching B.W., Hoag D.L. Dinamic parameters of artificial soils Transactions of the ASAE. 1979: 3-10.

13. Сидоров С.А. Сельхозмашиностроению – качественные материалы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. N2. С. 41.

REFERENCES

1. Liskin I.V., Mironova A.V., Mironov D.A., Potkin S.N., Ternovskiy A.A. Soil model for research of blades wear. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2015: 77-80. (In Russian)

2. 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)

3. Bernshteyn D.B., Yashin A.V. Apparatus for materials wearing by semi-fixed abrasive. *Zavodskaya laboratoriya*. 1982; 5: 83-84. (In Russian)

4. Sidorov S.A. Calculation procedure on wear resistance of mono - and bimetallic the earth cutters. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2003; 12: 35-39. (In Russian)

5. Bernshteyn D.B., Liskin I.V. Modeling of abrasive wear of soil cutting blade. *Trenie i iznos*. 1993. Vol. 14; 6: 1025-1036. (In Russian)

6. Sprinkle L.W., Langston T.D., Weber J.A., Sharov N.M. A similitude study with static and dynamic parameters in an artificial soil. *Transactions of the ASAE*. 1970: 580-586. (In English)

7. Rabinovich I.P., Rozenbaum A.N. Laboratory tests on wear of materials for ploughshares. *Povyshenie iznosostoykosti*

lemekhov: Sbornik nauchnykh trudov. Moscow: MASHGIZ, 1956: 27-45. (In Russian)

8. Zolotarev S.A. Analytical dependences of power impact of working surfaces of «plough body – secondary back plough» module on furrow slice. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011; 1: 15-17. (In Russian)

9. Khrushchev M.M., Babichev M.A. Abrasive wear [Abrasive wear]. Moscow: Nauka, 1970: 252. (In Russian)

10. Wingate-Hill R., Davis G., Bowditch H. Weer of hard facing treatments applied to shares of tined tillage implements. *Transactions of the Institution of Engineers. Mechanical Engineering Transactions*. Australia, 1979: 11-16. (In English)

11. Sidorov S.A. Plasma-jet hard-facing application in compressed air environment for increase in wear resistance of soil cutting working tools of agricultural machines. *Sbornik. Vosstanovlenie detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin, traktorov i avtomobiley*. Moscow: Ekspresinformatsiya. TsNIITEI. 1986; 4: 8-9. (In Russian)

12. Moeching B.W., Hoag D.L. Dinamic parameters of artificial soils *Transactions of the ASAE*. 1979: 3-10. (In English)

13. Sidorov S.A. Agricultural machinery industry needs qualitative materials. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010; 2: 41. (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.

