

DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-4-134-142

¹Пастухов А.Г., ¹Тимахов Е.П., ¹Минасян А.Г., ^{2,*}Волков М.И.¹Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина²Закрытое акционерное общество «Сокол-АТС»

*E-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСКОВ СОШНИКОВ ПОСЕВНЫХ МАШИН

Аннотация. Повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции базируется на высоком техническом уровне машин, что обусловлено применением инновационных технологий в сельскохозяйственном машиностроении. В этой связи необходимо обеспечить работоспособность основных рабочих органов посевных машин при возделывании зерновых культур, в частности, для зерновых сеялок – работоспособность двухдисковых сошников. Цель исследований – сравнительная оценка триботехнических свойств серийных и опытных дисков на основе лабораторных испытаний образцов. При проведении исследований составлена программа и разработана методика испытаний в два этапа: на первом – проводили испытания на изнашивание с оценкой по массовому износу с целью сопоставления износостойкости образцов дисков на шлифовально-полировальной машине в комплекте LaboPol-30 и LaboForce-100; на втором – проводили испытания на трение с оценкой по коэффициенту трения скольжения рабочих поверхностей на универсальной машине трения УМТ-200. Результаты испытаний показали, что отношение интенсивности изнашивания серийных и опытных образцов равно 1,3...1,9, а отношение коэффициента трения серийных и опытных образцов – 1,22...2,11. Данные результаты имеют высокую сходимость с результатами сравнительных ускоренных стендовых испытаний серийных и опытных дисков на изнашивание.

Ключевые слова: работоспособность, посевные машины, ресурс, диски сошников, триботехнические свойства, изнашивание, коэффициент трения.

Введение. В Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. № 1455-р, одной из основных задач является разработка конкурентоспособных отечественных сельскохозяйственных машин и технологий обеспечения их работоспособности. В Стратегии заложено наращивание инновационного потенциала сельскохозяйственного машиностроения за счет активной поддержки проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и выполнения программ технического перевооружения предприятий сельскохозяйственного машиностроения.

С целью реализации и развития передового сельского хозяйства в России и получения стабильного высокого урожая зерновых культур следует повышать работоспособность сельскохозяйственных машин на основе увеличения долговечности и безотказности рабочих органов, непосредственно взаимодействующих с почвой. К таковым относятся рабочие органы почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин [1]. С точки зрения закладки урожая, посев является наиболее точной и сложной операцией, в этой связи к двухдисковым сошникам предъявляются высокие требования по работоспособности. Ресурс дисков сошников и работоспособность сея-

лок во многом зависят от технического состояния дисков сошников [2]. При уменьшении внешнего диаметра дисков сошников по причине абразивного изнашивания глубина заделки семян также снижается, что сказывается на полевой всхожести семян и урожайности культуры. Таким образом, требуется обеспечение работоспособности дисков сошников по износостойкости, что характеризуется изменением триботехнических свойств рабочих поверхностей дисков.

Анализ работ в области оценки свойств рабочих поверхностей после упрочнения и восстановления рабочих органов сельскохозяйственных машин показал, что триботехнические испытания на изнашивание и по коэффициенту трения применяются широко. Так, например, Нотов Р.А. и Лебедев А.Т. проводят исследование триботехнических свойств дисков сошников на образцах из стали 65Г о жестко закрепленный абразивный материал при сухом трении, используя шлифовально-полировальный станок *FORCIPOL 1V*, с целью количественной оценки изнашивания образцов по массе на минимальных режимах нагружения, приближенных к эксплуатации (частота вращения образцов – 120 мин⁻¹, сила давления на образец – 5Н) [3]. Литвинов Т.А. и другие проводят исследования на образцах размером 4×5×10 мм о жестко закрепленный абразив, используя абразивную шкурку 6-Н 14А ГОСТ 13344-79 и

универсальную установку МИ-1М, при постоянной нагрузке $P=400$ г, с последующей оценкой износа проводят по потере массы [4]. Тюрин А.Г. и другие проводят испытания на образцах диаметром 2 мм и высотой 10 мм, о жестко закрепленный абразив ГОСТ 17367-71, используя шкурку с абразивными частицами от 60 до 80 мкм, при частоте вращения 60 об/мин, удельном давлении на образец 1 МПа, пути трения 30 м, радиальном перемещении образца 1,4 мм/об, с последующей оценкой износа по потере массы [5]. Кроха В.А. проводит испытание на образцах диаметром 2 мм и длиной 20 мм на машине трения Х-4 Б по ГОСТ 17367-71 с оценкой износа по потере массы [6]. Лаптева В.Г., Куксенова Л.И. и другие проводят испытания пар трения между образцами размером $25 \times 80 \times 5$ мм и контробразцами с меньшей поверхностью трения 4×25 мм, при средней скорости относительного скольжения образцов 0,19 м/с, максимальной нагрузке на образцы 1250 Н и времени испытаний 3,5 ч, с оценкой износа по потере массы [7]. Тарасов В.В. и другие проводят испытания на образцах диаметром 5 мм в контакте с шкуркой шлифовальной тканевой водостойкой КК19ХВ различной зернистости на машине трения Х-4 Б при нагрузке 3...12 Н, частоте вращения 750 мин⁻¹, подаче 250 мм/мин с оценкой линейного износа [8].

Цель работы – определение сравнительной износостойкости образцов серийных и опытных дисков.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- провести испытания на изнашивание и на трение;
- дать сравнительную оценку износостойкости образцов по износу и коэффициенту трения.

Материалы и методы. Объект исследования – серийные (СД) и опытные диски сошников сеялки СЗТ-3,6А (внешний диаметр 350 мм), из которых вырезались лабораторные образцы [9]. Опытные диски подвергались различным ремонтным воздействиям: 1) для серийных дисков диаметром 350 мм проводили электромеханическое упрочнение лезвия дисков (СУД); 2) при износе дисков по диаметру от 350 мм до 340 мм проводили заточку и электромеханическое упрочнение лезвия дисков (ЭУД); 3) при износе дисков по диаметру от 326 мм и менее проводили приварку ремонтной детали (полуколец), заточку и электромеханическое упрочнение лезвия (ВУД) [10]. Программа испытаний включала испытания на сухое трение образцов из серийного и опытных дисков в трехкратной повторности.

Образцы вырезаны из дисков в виде: 1) для испытания на изнашивание – прямоугольник шириной 8 мм и длиной 18 мм; 2) для испытаний на трение – квадрат со стороной 12 мм. Для оценки износа по массе использовали весы ВЛТ-510П с точностью 0,01 г. Исследование включает триботехнические испытания в два этапа на шлифовально-полировальной машине в комплекте LaboPol-30 и LaboForce-100 и на универсальной машине трения УМТ-200.

При испытании на шлифовально-полировальной машине методика испытаний включала приработку и основные испытания образцов. Исходя из возможностей шлифовально-полировальной машины для создания одинаковых условий испытаний, испытываем сразу четыре образца из серийного и опытных дисков, при этом для фиксации образцов приклеиваем их в специальные термопластические оправки, выполненные с центральной канавкой, и устанавливаем их в головной части LaboForce-100 (рис. 1, а). Приработку осуществляем при следующих условиях и режимах: 1) шлифовальная шкурка – Sic Foil #220; 2) нагрузка – максимальная единичная 20 Н; 3) частота вращения диска головной части – 150 мин⁻¹, частота вращения диска основной части – 50 мин⁻¹; 4) направление вращения диска головки и диска основания – одинаковое; 5) время цикла испытаний составляет 5 мин. Значения режимов испытаний показаны на панели управления головной части машины LaboForce-100 (рис. 1, б).

При проведении основных испытаний назначаем следующие условия и режимы: 1) шлифовальная шкурка – Sic Foil #120; 2) нагрузка максимальная единичная – 50 Н; 3) частота вращения диска головной части – 150 мин⁻¹, частоту вращения диска основной части – 500 мин⁻¹; 4) направление вращения диска головки и диска основания – встречное; 5) время одного цикла испытаний – 15 мин, число циклов – 4, общее время испытаний – 60 мин. Значения режимов испытаний показаны на панели управления головной части машины LaboForce-100 (рисунок 1, в).

Оценку износостойкости образцов проводим по снижению их массы с учетом продолжительности испытаний. Условия и режимы испытаний по ГОСТ 17367-71 подобраны так, чтобы нагрев материала образцов не влиял на его свойства, а минимальный абсолютный износ, подлежащий измерению, составлял 5 мг.

Абсолютный износ образцов серийных и опытных дисков вычисляем по формуле

$$\Delta G_i = G_i - G_{i0}, \quad (1)$$

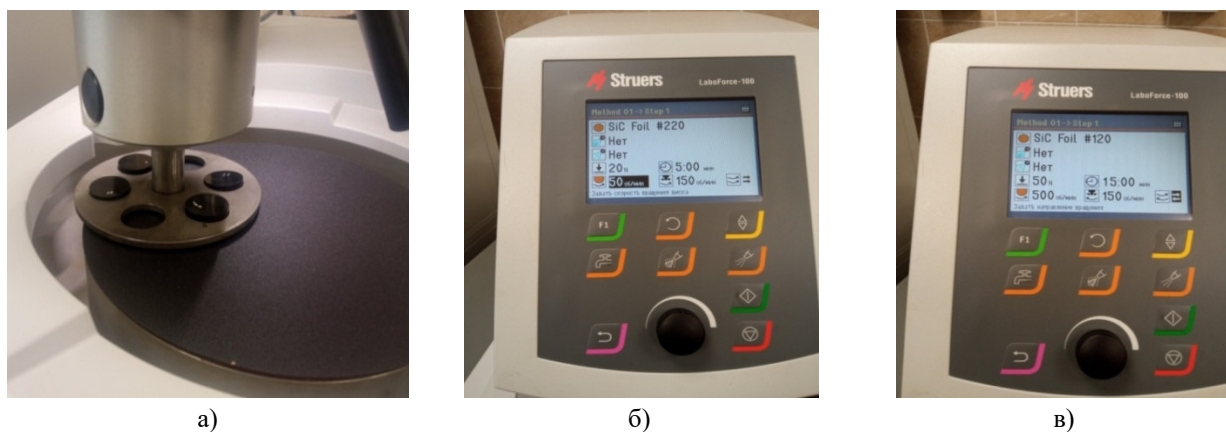


Рис. 1. Общий вид шлифовально-полировальной машины при настройке
[Источник: <http://www.easymanua.ls/struers/labopol-30/manual?p=75>]
а) установленные образцы; б) параметры при приработке; в) основные параметры

где G_i – масса образцов до испытаний, г; G_{Hi} – масса образцов после испытаний, г.

Для приведения результатов износа к нормативной площади определяем коэффициент корректировки k_i по формуле

$$k_i = S_i / S_n, \quad (2)$$

где S_i – текущая площадь образцов, см²; S_n – нормативная площадь, см² ($S_n = 1$ см²).

Скорректированный абсолютный износ образцов ΔG_{ksi} , г, вычисляем по формуле

$$\Delta G_{ksi} = \Delta G_i k_i, \quad (3)$$

где ΔG_i – абсолютный износ образцов, г; k_i – корректировочный коэффициент.

Интенсивность (скорость) изнашивания образцов $I(V)_{Gi}$, г/мин, вычисляем по формуле

$$I(V)_{Gi} = \Delta G_{ksi} / t, \quad (4)$$

где ΔG_{ksi} – абсолютный износ образцов, г; t – время основных испытаний, мин ($t = 60$ мин).

В качестве сопоставительного критерия оценки износа образцов сравниваемых дисков введем относительный износ, выраженный в долях единицы. Принимаем в качестве эталона данные по износу образца из серийного диска, тогда относительный износ i опытных дисков определяем по формуле

$$i = \frac{\Delta G_{ks_{0di}}}{\Delta G_{ks_{cdi}}}, \quad (5)$$

где $\Delta G_{ks_{0di}}$ – абсолютный износ образцов опытных дисков, г; $\Delta G_{ks_{cdi}}$ – абсолютный износ образца серийного диска, г.

Для проведения испытания на машине трения УМТ-200 изготовлена неподвижная часть, в виде оправки с канавкой, где размещается образец в форме квадрата. Для фиксации образец приклеивают к неподвижной части под шпинделем машины трения и центрируют посредством лазера. Неподвижная часть машины трения с за-

крепленным образцом представлена на универсальной машине трения УМТ-200 (рисунок 2). К машине трения перед испытаниями подключают ноутбук через USB кабель, закрепляют образец диска и устанавливают контробразец в виде Болт М8×60.12.9 DIN 933, при этом каждому образцу диска соответствует свой контробразец. На ноутбуке запускают программу *QMLab* и выполняют настройку модуля *QMS 10*: выводят измерительные тензометрические каналы – сила момента трения, сила прижатия образцов и температура (рис. 2).

Методика испытаний на универсальной машине трения УМТ-200 включала приработку и основные испытания. Приработку контактных поверхностей образца и контробразца выполняем при следующих режимах: усилие прижатия – 5 Н (7,82 мВ по тарировочному графику тензодатчика) и частоте вращения шпинделя с контробразцом 200 мин⁻¹, время приработки – 1 мин. Основные испытания проводим на рабочих режимах: усилие прижатия – 42,5 Н (24,38 мВ по тарировочному графику тензодатчика) и частоте вращения шпинделя 200 мин⁻¹, время испытаний – 5 мин. Уровень нагружения обоснован для ускорения испытания за счет ужесточения нагрузки, так как рабочая нагрузка 42,5 Н превышает силу сопротивления почвы на диск 13,25...16,33 Н примерно в 2,6...3,2 раза, с учетом площади головки контробразца [11]. С целью графической иллюстрации процесса триботехнических испытаний рабочие графики изменения силы прижатия и силы момента сопротивления в процессе испытаний приведены на рисунке 3 [12]. На графиках можно выделить три характерных стадии: первая – незначительный рост силы сопротивления, вторая – амплитудное изменение сил сопротивления и прижатия образцов, третья – стабилизация показаний тензорезисторов.

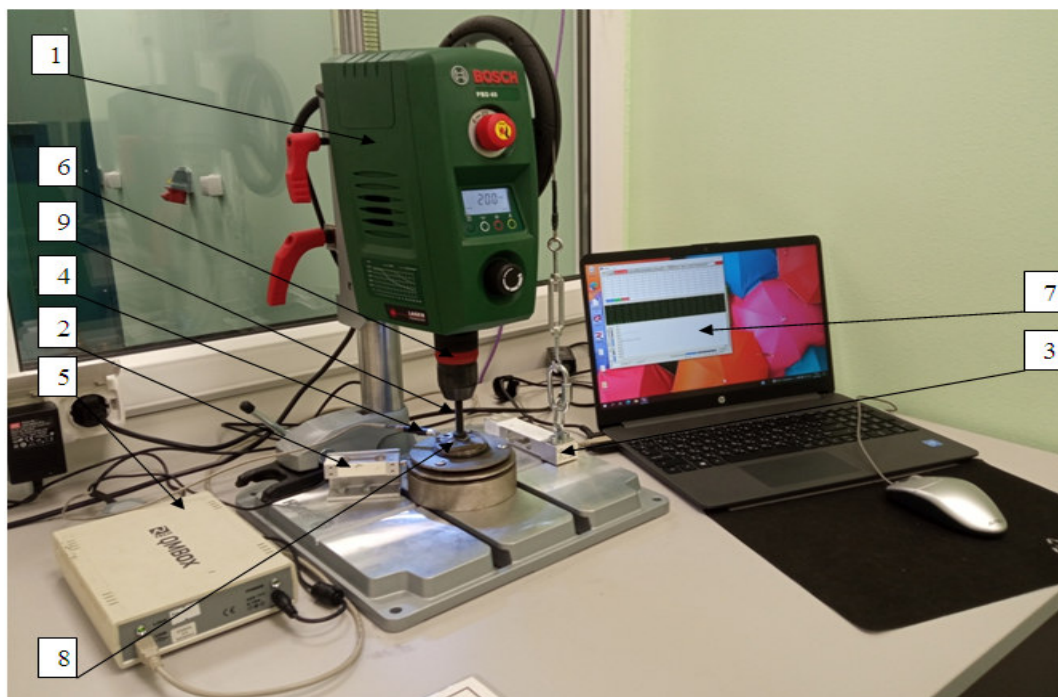
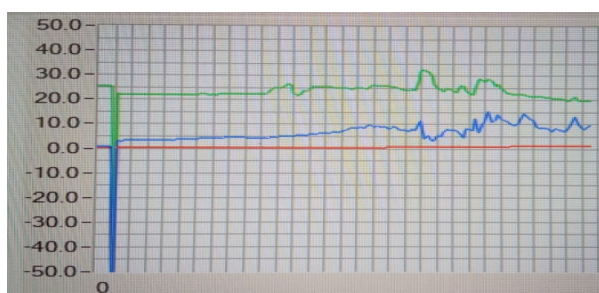
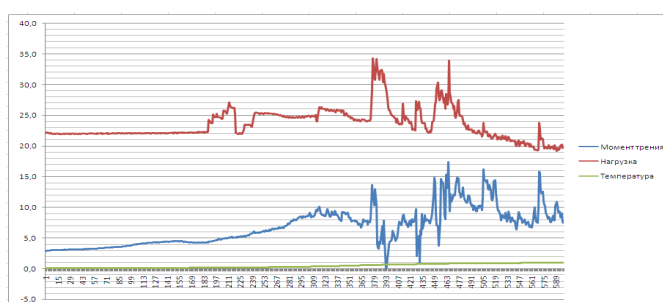


Рис. 2. Общий вид универсальной машины трения УМТ-200 [Источник: <http://машинатрения.рф/mtv>]

1 – привод (сверлильный станок); 2 – тензодатчик силы момента трения; 3 – тензодатчик усилия прижатия; 4 – датчик температуры; 5 – аналитический модуль QMbox; 6 – шпиндель привода (сверлильного станка); 7 – ноутбук с программным обеспечением; 8 – оправка с образцом; 9 – контрообразец



а) графики в модуле QMlab



б) графики, уточненные в Microsoft Excel

Рис. 3. Графическая иллюстрация процесса испытаний образца серийного диска СД 1

Оценку износостойкости проводим по коэффициенту трения $f_{\text{Три}}$, который вычисляем по формуле [13, 14]

$$f_{\text{Три}} = \frac{M_{\text{Три}}}{(N_i \cdot R_{\text{кои}})} = \frac{(F_{oi} \cdot R_{ki})}{(P_i \cdot k_{\text{пр}} \cdot R_{\text{кои}})} \quad (6)$$

где $M_{\text{Три}}$ – момент трения образца, Нм; N_i – нагрузка на образец, Н, в нашем случае $N_i = P_i$; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент прилегания контрообразца к образцу диска, исходя из триботехнических испытаний принимаем 0,9 [13, 15]; $R_{\text{кои}}$ – радиус окружности зоны износа головки контрообразца после испытаний, м; F_{oi} – сила момента трения, Н; R_{ki} – радиус окружности зоны износа образца после испытаний, м.

Основная часть. При проведении испытаний на первом этапе исследования процесса изнашивания испытаны двенадцать образцов в три серии – четыре вида образцов дисков (СД, СУД,

ЭУД, ВУД) в трехкратной повторности. Результаты оценки опытных и расчетных величин по образцам дисков на основе формул (1) - (5) представлены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 показывает: 1) наибольший износ по массе наблюдается у образцов СД – $\Delta G_{\text{КСД}} = 0,477$ г, интенсивность изнашивания $I(V)_{\text{ГСД}} = 0,795 \times 10^{-2}$ г/мин, относительный износ – $i_{\text{СД}} = 1$; 2) наименьший износ по массе наблюдается у опытных дисков (по возрастанию): у образцов ЭУД – $\Delta G_{\text{КСЭУД}} = 0,250$ г, интенсивность изнашивания $I(V)_{\text{ГЭУД}} = 0,417 \times 10^{-2}$ г/мин, относительный износ – $i_{\text{ЭУД}} = 0,52$; у образцов СУД – $\Delta G_{\text{КССУД}} = 0,340$ г, интенсивность изнашивания $I(V)_{\text{ГСУД}} = 0,567 \times 10^{-2}$ г/мин, относительный износ – $i_{\text{СУД}} = 0,71$; у образцов ВУД – $\Delta G_{\text{КСВУД}} = 0,367$ г, интенсивность изнашивания $I(V)_{\text{ГВУД}} = 0,612 \times 10^{-2}$ г/мин, относительный износ – $i_{\text{ВУД}} = 0,77$.

Таблица 1

Результаты испытаний на изнашивание

Образцы / повторность	Наименование параметров					
	абсолютный износ ΔG_i , г	площадь	коэффициент корректировки	скорректированный абсолютный износ	интенсивность изнашивания	относительный износ
	Среднее	S_i , мм ²	k_i	ΔG_{ksi} , г	$I(V)_{Gi} \times 10^{-2}$, г/мин	i
СД 1	0,36	135	1,35	0,486	0,810	1
СД 2	0,35	134	1,34	0,469	0,782	1
СД 3	0,36	132	1,32	0,475	0,792	1
Среднее	-	-	-	0,477	0,795	1
СУД 1	0,30	144	1,44	0,432	0,720	0,89
СУД 2	0,26	108	1,08	0,281	0,468	0,60
СУД 3	0,26	118	1,18	0,307	0,512	0,65
Среднее	-	-	-	0,340	0,567	0,71
ЭУД 1	0,21	122	1,22	0,256	0,427	0,53
ЭУД 2	0,21	121	1,21	0,254	0,423	0,54
ЭУД 3	0,19	126	1,26	0,239	0,398	0,50
Среднее	-	-	-	0,250	0,417	0,52
ВУД 1	0,31	125	1,25	0,388	0,647	0,80
ВУД 2	0,28	111	1,11	0,311	0,518	0,66
ВУД 3	0,32	126	1,26	0,403	0,672	0,85
Среднее	-	-	-	0,367	0,612	0,77

При проведении испытаний на втором этапе исследования процесса трения испытаны двенадцать пар образцов и контрообразцов по четырем видам дисков (СД, СУД, ЭУД, ВУД) в трехкратной повторности. Получены опытные данные по тензодатчику момента трения, тензодатчику усилия прижатия и температуры, обработаны в аналитическом модуле *QMbox* и программе *QMLab* в виде получения бинарных данных, последующего перевода в текстовой формат с помощью

модуля *QMParse* и их графического представления в *Microsoft Excel*. Для расчета получены средние значения сил моментов трения по серийному и опытным образцам F_{oi} , Н; средние значения сил по прижатию контрообразцов к серийным и опытным образцам P_i , Н [16]. Результаты оценки опытных и расчетных величин коэффициента трения скольжения по образцам дисков на основе формулы (6) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний на трение

Образцы / повторность	Наименование параметров					
	сила прижатия образцов	сила момента трения образцов	температура	радиус окружности зоны износа контрообразца	радиус окружности зоны износа образца	коэффициент трения
	P_i , Н	F_{oi} , Н	T_i , °C	R_{koi} , мм	R_{ki} , мм	f_{TPi}
СД 1	4,000	0,950	54	6,83	6,56	0,253
СД 2	4,300	0,750	58	6,88	5,73	0,161
СД 3	4,650	0,800	56	6,48	4,38	0,123
Среднее	-	-	56	-	-	0,179
СУД 1	4,600	0,315	46	6,76	3,67	0,041
СУД 2	4,200	1,130	62	6,53	4,04	0,185
СУД 3	4,100	1,300	58	6,69	4,09	0,215
Среднее	-	-	55	-	-	0,147
ЭУД 1	4,750	0,375	54	6,62	3,33	0,044
ЭУД 2	4,500	0,830	52	7,13	3,69	0,106
ЭУД 3	4,600	0,690	50	7,00	4,38	0,105
Среднее	-	-	52	-	-	0,085
ВУД 1	4,600	0,700	42	6,78	5,30	0,132
ВУД 2	4,240	0,900	54	7,03	4,40	0,148
ВУД 3	4,680	0,400	52	7,11	5,12	0,068
Среднее	-	-	49	-	-	0,116

Анализ данных таблицы 2 показывает: 1) наибольший коэффициент трения соответствует образцам СД – $f_{\text{трСД}}=0,179$; 2) значения коэффициента трения для образцов опытных дисков составляют (по возрастанию): образцы ЭУД – $f_{\text{трЭУД}}=0,085$, образцы ВУД – $f_{\text{трВУД}}=0,116$, образцы СУД – $f_{\text{трСУД}}=0,147$.

Выводы.

1. На основании обзора литературных источников и анализа нормативно-технической литературы разработана методика и подготовлены технические средства проведения лабораторных испытаний образцов серийных и опытных дисков сошников сеялки СЗТ-3,6А для триботехнической оценки на изнашивание и трение.

2. В результате проведения испытаний на изнашивание для исследуемых образцов серийных и опытных (серийных упрочненных, снятых с эксплуатации упрочненных и восстановленных упрочненных) дисков установлено, что повышение износостойкости образцов опытных дисков по сравнению с образцами серийных дисков составило – для СУД в 1,40 раза, ЭУД в 1,91 раз, ВУД в 1,30 раза, что свидетельствует о возможном повышении ресурса в среднем на 30...91 %.

3. По результатам испытаний на трение для исследуемых образцов серийных и опытных (серийных упрочненных, снятых с эксплуатации упрочненных и восстановленных упрочненных) дисков установлено снижение коэффициента трения поверхностей образцов опытных дисков по сравнению с образцами серийных дисков – СУД в 1,22 раза, ЭУД в 2,11 раз, ВУД в 1,54 раз, что обуславливает снижение потерь на трение в опытных образцах по сравнению с образцами серийными за счет более высокой твердости.

4. Сопоставительный анализ лабораторных испытаний образцов на изнашивание и трение с результатами ускоренных стендовых испытаний на износ серийных и опытных дисков сошников сеялки СЗТ-3,6А указывает на их сходимость, так как наиболее износостойкими опытными дисками по сравнению с серийными являются диски, снятые с эксплуатации упрочненные, далее восстановленные приваркой ремонтной детали упрочненные и затем серийные упрочненные диски.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Супонев И.А., Ерохин М.Н. Физико-механические свойства почв и их воздействие на рабочие органы почвообрабатывающих машин // Чтения академика В.Н. Болтинского: сборник статей, Москва, 22-23 января 2025 года. Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2025. С. 304–309.

2. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Ловкис В.Б. Влияние физико-механических свойств почвы на

интенсивность изнашивания рабочей поверхности дисков высокоскоростных почвообрабатывающих машин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. №39. С. 286–290.

3. Нотов Р.А., Лебедев А.Т., Ангрыков Б.А., Абушинов О.А., Бадмаева Т.В., Лебедев П.А. Прогнозирование ресурса двухдисковых сошников зерновых сеялок // Наука в центральной России. 2019. № 6. С. 95–104. DOI: 10.35887/2305-2538-2024-6-95-104.

4. Литвинова Т.А., Мецлер А.А., Пирожков Р.В. Исследование износостойкости покрытий, полученные методами газопорошковой и сверхзвуковой газопорошковой наплавки // Глобальная ядерная безопасность. 2016. № 1. С. 46–49.

5. Тюрин А.Г., Разумаков А.А., Терентьев Д.С., Нагавкин С.Ю., Иванцовский В.В. Исследование структуры и свойств твердых сплавов с градиентным строением // Материаловедение. 2012. № 4. С. 86–92.

6. Кроха В.А. Холодная пластическая деформация металлов как метод повышения их износостойкости // Ремонт, восстановление, модернизация. 2010. № 4. С. 23–30.

7. Лаптева В.Г., Куксенова Л.И., Алисин В.В., Герасимова Н.Г. Повышение износостойкости сталей и чугуна лазерной обработкой // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009. № 3. С. 2–7.

8. Тарасов В.В., Трифонов И.С. Развитие метода изнашивания материалов по закреплённому абразиву // Химическая физика и мезоскопия. 2015. Т.17, № 1. С. 143–149.

9. Нотов Р.А., Лебедев А.Т. Работоспособность дисковых сошников зерновых сеялок в различных эксплуатационных условиях // Наука в центральной России. 2019. №6. С. 5–10. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-5-10.

10. Волков М.И. Методика испытаний на износ дисков сошников и результаты её обработки // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. №3 (43). С. 5-12.

11. Пастухов А.Г., Волков М.И. Определение тягового сопротивления дискового сошника // Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее» в 2 т. Том 1.п. Майский. 2020. С 55–56.

12. Ибатуллин И.Д., Журавлев А.Н., Утянкин А.В., Галлямов А.Р., Неяглова Р.Р. Стенд и методики триботехнических испытаний материалов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 3. С. 218-223.

13. Морозов А.В. Повышение долговечности гладких цилиндрических соединений при восстановлении электромеханической обработкой: Дисс. докт. техн. наук / А.В. Морозов; РГАУ МСХА им. Тимирязева, Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина. М.: 2018. 458 с.

14. Хорев В.А. Антифрикционные композиционные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях трения: Дисс. канд. техн. наук / В.А. Хорева; СПбГТИ(ТУ). СПб.: 2025. 119 с.

15. Перепелкина С.Ю., Коваленко П.П., Печенко Р.В., Нуждин К.А. Методика исследования трибологических характеристик материалов на машине трения // Приборостроение. 2016. Т.59, № 8. С. 636–640. DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-8-636-640.

16. Аркуша, А.И. Техническая механика: Теоретическая механика и сопротивление материалов. М.: Ленанд, 2016. 352 с.

Информация об авторах

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор инженерного факультета. E-mail: pastuhov_ag@belgau.ru. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, Майский, ул. Вавилова, д. 1.

Тимашов Евгений Петрович, доктор технических наук, доцент инженерного факультета. E-mail: timachov_ep@belgau.ru. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, Майский, ул. Вавилова, д. 1.

Минасян Алексан Гургенович, кандидат технических наук, доцент инженерного факультета. E-mail: minasian_ag@belgau.ru. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, Майский, ул. Вавилова, д. 1.

Волков Михаил Иванович, инженер-конструктор. E-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru. Закрытое акционерное общество «Сокол-АТС», Россия, 308023. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 137.

Поступила 20.02.2026 г.

© Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Минасян А.Г., Волков М.И., 2026

¹Pastukhov A.G., ¹Timashov E.P., ¹Minasyan A.G., ^{2,*}Volkov M.I.

¹Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina

²Closed Joint Stock Company "Sokol-ATS"

*E-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru

TRIBOTECHNICAL PROPERTY STUDIES DISKS OF PLOUGHSHARES OF SOWING MACHINES

Abstract. Improving the efficiency of agricultural production is based on a high technical level of machines, which is due to the use of innovative technologies in agricultural engineering. In this regard, it is necessary to ensure the operability of the main working bodies of sowing machines when cultivating grain crops, in particular, for grain seeders - the operability of two-disc ploughshares. The purpose of the research is a comparative assessment of the tribotechnical properties of serial and experimental discs based on laboratory tests of samples. During the studies, a program was drawn up and a test methodology was developed in two stages: at the first stage, wear tests were carried out with an assessment of mass wear in order to compare the wear resistance of disk samples on a grinding machine in the LaboPol-30 and LaboForce-100 set; at the second stage, friction tests were carried out with an estimate of the sliding friction coefficient of the working surfaces on a universal UMT-200 friction machine. The test results showed that the ratio of the wear intensity of serial and prototypes is 1.3... 1.9, and the ratio of the friction coefficient of serial and prototypes is 1.22... 2.11. These results are highly comparable to the results of comparative accelerated bench tests of serial and experimental discs for wear.

Keywords: operability, sowing machines, resource, ploughshare discs, tribotechnical properties, wear, friction coefficient.

REFERENCES

1. Suponev I.A., Erokhin M.N. Physico-mechanical properties of soils and their effect on the working organs of tillage machines [Fiziko-mek-

hanicheskie svoystva pochv i ih vozdejstvie na rabochie organy pochvoobrabatyvayushchih mashin]. Readings by Academician V.N. Boltinsky: collec-

tion of articles, Moscow, January 22-23, 2025. Moscow: ООО "Sam Polygraphist", 2025. Pp. 304–309. (rus)

2. Ozhegov N.M., Ruzhev V.A., Lovkis V.B. The influence of physico-mechanical properties of soil on the wear rate of the working surface of discs of high-speed tillage machines [Vliyanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv pochvy na intensivnost' iznashivaniya rabochej poverhnosti diskov vysokoskorostnykh pochvoobrabatyvayushchih mashin]. Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University. 2016. No. 39. Pp. 286–290. (rus)

3. Notov R.A., Lebedev A.T., Angrykov B.A., Abushinov O.A., Badmaeva T.V., Lebedev P.A. Forecasting the resource of two-disc coulters of grain seeders [Prognozirovanie resursa dvuhdiskovykh soshnikov zernovykh seyalok]. Science in central Russia. 2019. No. 6. Pp. 95–104. DOI: 10.35887/2305-2538-2024-6-95-104. (rus)

4. Litvinova T.A., Metzler A.A., Pirozhkov R.V. Investigation of the wear resistance of coatings obtained by gas-powder and supersonic gas-powder surfacing [Issledovanie iznosostojkosti pokrytij, poluchennye metodami gazoporoshkovej i sverhzhukovoj gazoporoshkovej naplavki]. Global Nuclear safety. 2016. No. 1. Pp. 46–49. (rus)

5. Tyurin A.G., Razumakov A.A., Terentyev D.S., Nagavkin S.Yu., Ivantsivskiy V.V. Investigation of the structure and properties of hard alloys with a gradient structure [Issledovanie struktury i svoystv tverdykh splavov s gradientnym stroeniem]. Materials Science. 2012. No. 4. Pp. 86–92. (rus)

6. Krokha V.A. Cold plastic deformation of metals as a method of increasing their wear resistance [Holodnaya plasticheskaya deformaciya metallov kak metod povysheniya ih iznosostojkosti]. Repair, restoration, modernization. 2010. No. 4. Pp. 23–30. (rus)

7. Lapteva V.G., Kuksenova L.I., Alisin V.V., Gerasimova N.G. Increasing the wear resistance of steels and cast iron by laser treatment [Povysenie iznosostojkosti stalej i chuguna lazernoj obrabotkoj]. Repair, restoration, modernization. 2009. No. 3. Pp. 2–7. (rus)

8. Tarasov V.V., Trifonov I.S. Development of the method of wear of materials by fixed abrasive [Razvitie metoda iznashivaniya materiaov po zakreplennomu abrazivu]. Chemical physics and mesoscopy. 2015. Vol.17, No. 1. Pp. 143–149. (rus)

9. Notov R.A., Lebedev A.T. Efficiency of disc coulters of grain seeders in various operating conditions [Rabotosposobnost' diskovykh soshnikov zernovykh seyalok v razlichnykh ekspluatacionnykh

usloviyah]. Science in central Russia. 2019. No. 6. Pp. 5–10. DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-5-10. (rus)

10. Volkov M.I. Methods of testing for wear of coulter discs and the results of its development [Metodika ispytaniy na iznos diskov soshnikov i rezul'taty eyo otrabotki]. Innovations in agriculture: problems and prospects. 2024. No. 3 (43). Pp. 5–12. (rus)

11. Pastukhov A.G., Volkov M.I. Determination of the traction resistance of a disc coulter [Opredelenie tyagovogo soprotivleniya diskov ogo soshnika]. Proceedings of the XXIV International Scientific and Production Conference "Innovative Solutions in Agricultural Science - A Look into the Future" (May 27-28, 2020): in 2 volumes. Volume 1.p. May: Publishing House of FGBOU VO Belgorod SAU, 2020. Pp. 55–56. (rus)

12. Ibatullin I.D., Zhuravlev A.N., Utyankin A.V., Gallyamov A.R., Neyaglova R.R. Stand and methods of tribotechnical testing of materials [Stend i metodiki tribotekhnicheskikh ispytaniy materialov]. Bulletin of the Samara State Aerospace University. Samara: Publishing House of Samara National Research University. 2011. No. 3. Pp. 218–223. (rus)

13. Morozov A.V. Improving the durability of smooth cylindrical joints during restoration by electromechanical treatment [Povysenie dolgovechnosti gladkih cilindricheskikh soedinenij pri vostanovlenii elektromekhanicheskoy obrabotkoj]: Diss. doct. Technical Sciences. Russian State Agricultural Academy named after Timiryazeva, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. Moscow: 2018. 458 p. (rus)

14. Khorev V.A. Antifriction composite materials for use in extreme friction conditions [Antifrikcionnye kompozicionnye materialy dlya ekspluatatsii v ekstremal'nykh usloviyah treniya]: Dissertation of the Candidate of Technical Sciences. SPbGTI(TU). Spb.: 2025. 119 p. (rus)

15. Perepelkina S.Yu., Kovalenko P.P., Pechenko R.V., Nuzhdin K.A. Methodology for studying the tribological characteristics of materials on a friction machine [Metodika issledovaniya tribologicheskikh harakteristik materialov na mashine treniya]. Instrument-making. 2016. Vol. 59, No. 8. Pp. 636–640. DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-8-636-640. (rus)

16. Arkusha A.I. Technical mechanics: Theoretical mechanics and strength of materials [Tekhnicheskaya mekhanika: Teoreticheskaya mekhanika i soprotivlenie materialov]. M.: Lenand, 2016. 352 p. (rus)

Information about the authors

Pastukhov, Alexander G. DSc, Professor. E-mail: pastuhov_ag@belgau.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Russia, 308503, Belgorod reg., vil. Maysky, Vavilov str., 1.

Timashov, Evgeny P. DSc, Assistant professor. E-mail: timachov_ep@belgau.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Russia, 308503, Belgorod reg., vil. Maysky, Vavilov str., 1.

Minasyan, Aleksan G. PhD, Assistant professor. E-mail: minasiyn_ag@belgau.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Russia, 308503, Belgorod reg., vil. Maysky, Vavilov str., 1.

Volkov, Mikhail I. Design-engineer. E-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru. Closed Joint-Stock Company "Sokol-ATS". Russia, 308023, Belgorod, B. Khmel'nitsky Ave., 137.

Received 20.02.2026

Для цитирования:

Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Минасян А.Г., Волков М.И. Исследования триботехнических свойств дисков сошников посевных машин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 4. С. 134–142. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-4-134-142

For citation:

Pastukhov A.G., Timashov E.P., Minasyan A.G., Volkov M.I. Tribotechnical property studies disks of plough-shares of sowing machines. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 5. Pp. 134–142. DOI: 10.34031/2071-7318-2026-11-4-134-142