

УДК 631.313.6

Статистический анализ износов дисков дисковых орудий

А.М. Михальченко,
д-р техн. наук, проф., зав. сектором,
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru
(ФГБНУ ГОСНИТИ)

А.А. Тюрева,
канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой,
annatyureva@yandex.ru

Ю.И. Филин,
аспирант,
rock2032@rambler.ru

Н.В. Синяя,
канд. техн. наук, доц.,
sinzea@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»)

Аннотация. Показано, что основным фактором, определяющим работоспособность, ремонтпригодность и предельное состояние дисков дисковых орудий, является износ зубьев по вершинам. Появление трещин и нарушение формы детали носит случайный характер и связано с наездом орудия на препятствия.

Ключевые слова: диски, дисковые орудия, дефекты, износ, трещины, нарушение формы, статистический анализ.

Обработка почвы дисковыми бо-
ронами, лушильниками и дискато-
рами – один из наиболее применяемых
методов воздействия на почву в
системе выращивания растение-
водческих культур [1]. Широкое рас-
пространение в последние годы
получили дискаторы, работа которых
в определенной степени дублирует
вспашку [2]. Однако наличие большо-
го количества таких орудий в сельско-
хозяйственном производстве России
остро поставило вопрос о восста-
новлении и упрочнении их рабочих
органов – дисков [3, 4]. Кроме этого,
значительные объемы этих деталей,
сравнительно невысокий ресурс и
высокая цена в еще большей степени
диктуют необходимость увеличения
их долговечности путем применения
методов реновации [5, 6]. Однако без
знания специфики геометрии износа

дисков разработка технологий, на-
правленных на возобновление ресур-
са, вряд ли осуществима [7, 8]. Слож-
ная конфигурация подобных изделий
и необходимость контроля большого
количества геометрических размеров
требуют отдельного методического
подхода к определению линейных из-
носов. Поэтому наряду с проведением
всесторонней оценки параметров
износов дисков, прошедших эксплуа-
тацию, определяющих и влияющих на
их предельное состояние, в задачи
работы входила глубокая проработка
техники измерений.

Методика (техника) измерений

В качестве деталей, на которых
проводилась оценка износов и от-
рабатывалась методика микромет-
ража, использовались диски диска-
торов компании «BELLOTA» (Испания),
снятые с эксплуатации по причине
истирания и нарушения формы зубьев
(рис. 1 а), приведших к нарушению
агротехнических условий почвооб-
работки. Детали выполнены в форме
«ромашки», являющейся наиболее
сложной среди известных конструк-
ций дисков (рис. 1 б).

Количество контролируемых из-
делий – 31 ед. Это дает возможность

получения достоверных данных и про-
ведения их статистического анализа
[7]. Изучаемые диски эксплуатиро-
вались на супесчаных и легкосугли-
нистых почвах и были установлены
на одном дискаторе, обеспечивая
идентичность условий их работы.
Почвенные условия являются типич-
ными для Нечерноземья Российской
Федерации, поэтому номенклатура и
особенности дефектов характерны и
для других регионов России.

На первом этапе проводился ви-
зуальный контроль дефектов дисков
с целью выявления явных износов и
других пороков (трещины, изломы и
др.), а также для определения коэф-
фициентов их повторяемости.

Так как диск компании «BELLOTA»
имеет достаточно сложные простран-
ственную конфигурацию и профиль
по периметру окружности (рис. 1 б),
в качестве контролируемых парамет-
ров предложены (рис. 2):

- износ диска по наружному диа-
метральному сечению ΔL в двух от-
носительно противоположных точках,
расположенных в средней части вер-
шин зубьев (ΔL_1 и ΔL_2);

- износ диска по диаметру впадин
 Δl в двух относительно противополож-
ных точках в средней их части (Δl_1 и
 Δl_2). Износы наружной части зубьев

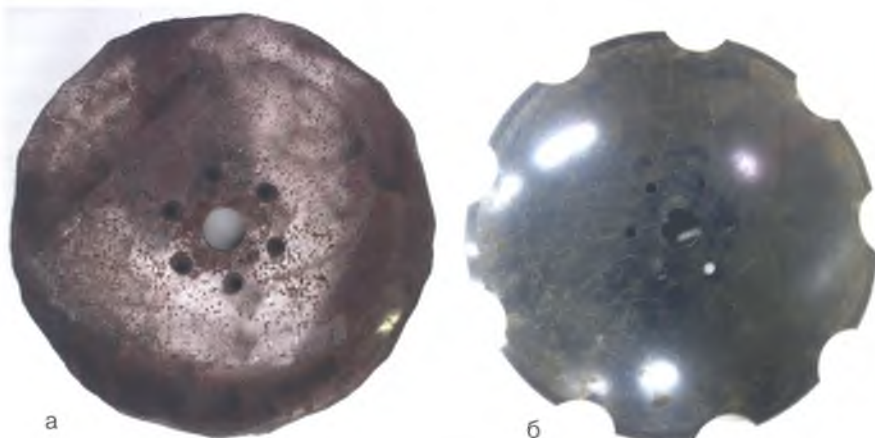


Рис. 1. Диск после истирания (а) и в состоянии поставки (б)

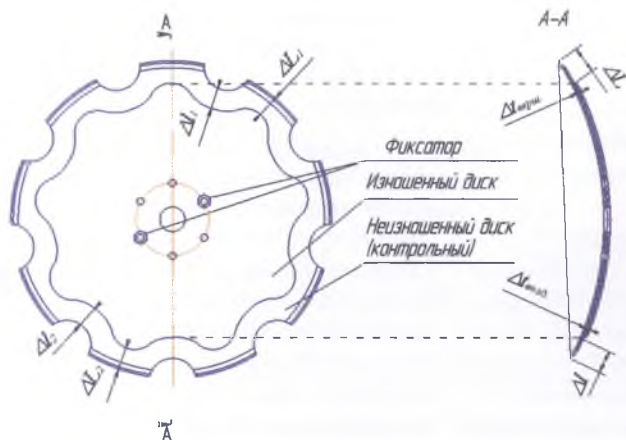


Рис. 2. Схема измерения износов и контролируемые параметры

и впадин измерить в диаметральных сечениях по изменению диаметра не представляется возможным, так как они находятся в разных плоскостях;

- толщина диска по окружности зубьев S_n ;

- толщина диска по окружности впадин S_v .

Такой набор линейных характеристик позволит дать полную оценку геометрии износа дисков.

Из-за специфики конструкции измерения проводились путем наложения изношенного изделия на диск с нормированными размерами. Контролируемый диск закрепляли с помощью двух фиксаторов, вставляемых в крепежные отверстия (рис. 2 и 3), что позволило избежать смещений и установить измеряемую деталь в соответствии с расположением выступов и впадин.

Величина износа определяется как расстояние между одноименными точками изношенного диска и диска с нормированными размерами.

Измерения производятся с помощью мерительного инструмента (например, штангенциркуля с глубиномером и ценой деления 0,1 мм).

Изделия с трещинами, изгибами, изломами и нарушением пространственной геометрии для изучения износов не использовались.

Результаты измерений

Визуальные наблюдения за снятыми с эксплуатации дисками позволили выявить не менее пяти дефектов (табл. 1). Трещины в области зубьев –



Рис. 3. Подготовка дисков к измерениям

Таблица 1. Дефекты дисков и коэффициенты их повторяемости

Дефект	Коэффициент повторяемости дефекта (к)
Трещина в области зубьев	0,04
Потеря геометрической формы	0,12
Трещина в области крепления	0,14
Износ зубьев:	
по вершинам	1
по впадинам	1

наиболее редко встречающийся приобретенный порок (коэффициент повторяемости $k = 0,04$) и, как правило, их появление связано с наездом диска на небольшое, но жестко закрепленное в земле препятствие, обладающее достаточно высокой прочностью (например, металлические тела).

Дефекты в виде потери геометрии формы и трещины в области крепления имеют значения коэффициента повторяемости 0,12 и 0,14 соответственно. Отмечается близость значений k , и в большинстве случаев эти пороки проявляются одновременно на одних и тех же деталях. Их образование обеспечивается столкновением дисков с достаточно крупными препятствиями в виде камней (валунов). В этом случае имеют место ударные нагрузки, приводящие к деформации детали и образованию трещин в местах крепления, являющихся концентраторами напряжений. Кроме того, наличие крепежа затрудняет пластическое деформирование детали и способствует появлению трещин.

К наиболее характерным дефектам дисков относятся износы зубьев по вершинам и впадинам с коэффи-

циентом повторяемости $k = 1$, т.е. все контролируемые детали имели подобный дефект (табл. 1).

Статистический анализ, проведенный с использованием программы «Excel», показал, что средние значения износов по вершинам зубьев составляют 28,8 мм при износе впадин 9,3 мм. Столь значительное расхождение (трехкратное) в измерениях связано с большей нагруженностью верхней части детали с точки зрения абразивного изнашивания. Кроме этого, процесс изнашивания на периферии окружности усугубляется большими скоростями перемещения данных областей. Так как износ впадин претерпевает незначительное уменьшение, поэтому следует подвергать упрочнению верхнюю область зубьев, чтобы достичь равнопрочности при изнашивании диска.

Величины измерений вершин зубьев имеют значения коэффициента вариации в 1,6 раза меньше, чем аналогичный показатель износов впадин (табл. 2). Исходя из значений коэффициента вариации для измеренных показателей установлено, что рассеяние числовых значений из-

носов вершин ниже, чем аналогичный показатель впадин, что свидетельствует о более стабильном процессе износа первых.

Коэффициенты вариации, равные 0,16 и 0,26, и визуальная оценка гистограмм указывают на нормальный закон распределения износов по вершинам и впадинам зубьев.

Анализ распределения износов зубьев показал, что наиболее вероятными являются износы вершин зубьев 28,9-32,1 мм (вероятность появления дисков с таким износом составляет 28-31%) (рис. 4 а). Исходя из практического опыта, следует считать пригодными детали с износами, не превышающими 24 мм, т.е. остаточная величина зуба должна составлять не менее трети его высоты и равна примерно 12 мм. Тогда вероятность наличия пригодных для эксплуатации деталей составляет около 7%. Диски, имеющие износ более 32 мм, подлежат утилизации, так как восстановление потребует значительных и неоправданных технологических и экономических затрат. Количество изделий с такими износами достигает 19% (рис. 4 а). Нужно отметить, что такой износ обеспечивает полное

Таблица 2. Результаты измерений дисков дисковой бороны компании «BELLOTA»

Статистический показатель	Износ зубьев		Износ диска по толщине (мм)	
	по вершинам, ΔL (мм)	по впадинам, Δl (мм)	вершин, $\Delta t_{\text{верш.}}$	вырезов, $\Delta t_{\text{впад.}}$
Средние значения износа, $\bar{x}$ (мм)	28,8	9,3	1,7	0,8
Среднее квадратичное отклонение, σ (мм)	4,7	2,4	0,4	0,3
Коэффициент вариации, V	0,16	0,26	0,25	0,37

истирание зубьев, что недопустимо по агротехническим условиям. Таким образом, пригодными к реставрации являются примерно 74% дисков, снятых с эксплуатации.

В связи с тем, что износ по вершинам зубьев является опережающим, данные по износам впадин не могут определять предельное состояние диска и оказывают минимальное влияние на разработку технологий упрочнения и восстановления. Тем не менее износ впадин, превышающий 12 мм (вероятность его появления составляет около 14%), исключает проведение операций по восстановлению. В то же время наличие незначительных износов дает основание утверждать,

что примерно 14% дисков могут быть использованы для дальнейшей эксплуатации по данному параметру, однако износ по вершинам снижает этот показатель до 7% (отмечено выше). Оставшиеся 72% изношенных деталей пригодны для проведения работ по восстановлению (рис. 4 б). Несколько меньшее количество дисков, требующих восстановления, в этом случае объясняется большим процентом деталей, пригодных к эксплуатации.

Изменение толщины детали также может служить причиной, ограничивающей ее ресурс. Максимальный износ характерен для вершин и может достигать более 2,5 мм с вероятностью появления 15% (рис. 5 а). Даже

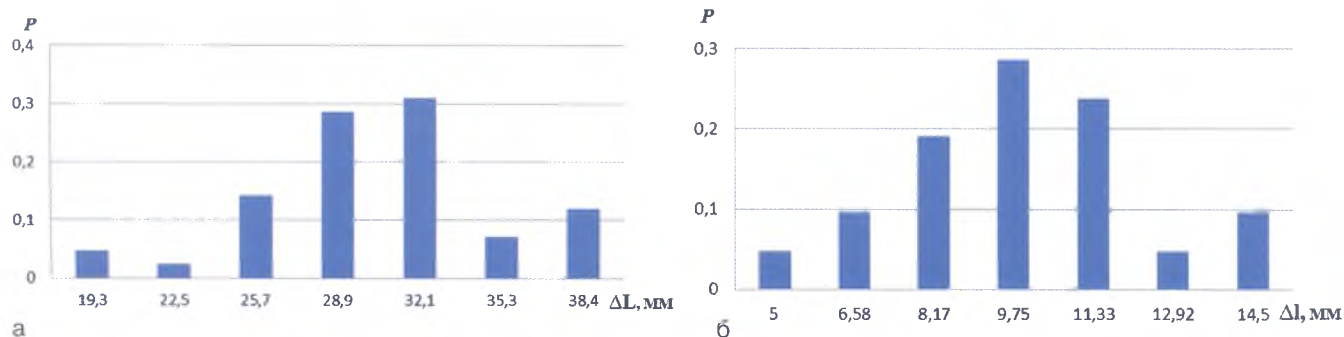


Рис. 4. Гистограмма распределения износов зубьев: а – по вершинам; б – по впадинам

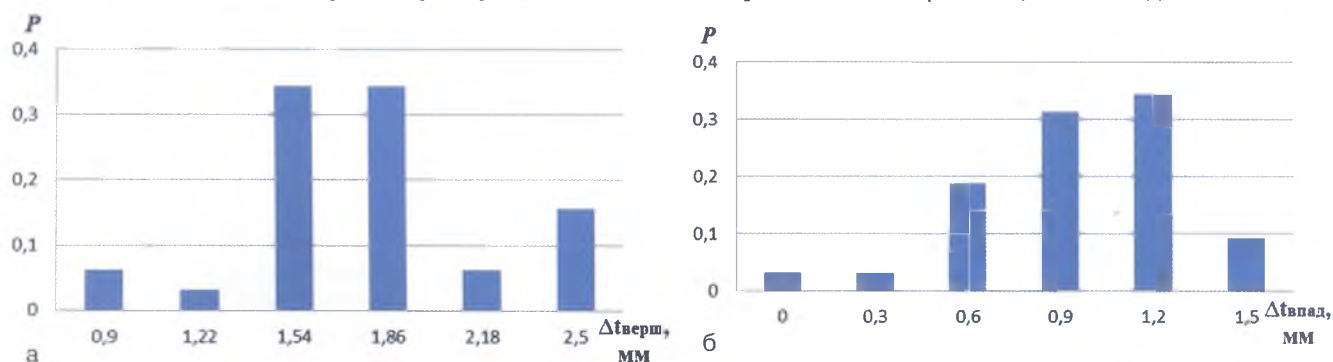


Рис. 5. Гистограмма распределения износа диска по толщине (Δt):

а – вершины зуба ($\Delta t_{\text{верш.}}$); б – впадины ($\Delta t_{\text{вырез}}$)

столь значительная потеря толщины (её нормированное значение составляет 6 мм) не приводит к нарушению агротехники и не является причиной образования других дефектов. Этот критерий не определяет предельное состояние диска и фактически не влияет на выбор метода восстановления.

Таким образом, анализ результатов экспериментальных исследований показал, что диски дисковых орудий, снятые с эксплуатации, имеют пять дефектов в виде трещин, изменений формы и износов. При этом износы зубьев по вершинам и впадинам являются преобладающими и присущи всем деталям, поступившим в ремонт. В то же время уменьшение толщины диска дисковых орудий не является причиной их предельного состояния.

Список

использованных источников

1. **Гулидова В.А.** Выбор лучшего способа обработки почвы // Земледелие. 1990. № 10. С. 61.

2. **Борисенко И.Б., Иванцова Е.А., Плескачев Ю.Н., Сидоров А.Н.** Новые технологии обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 14-16.

3. **Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Виноградов В.В.** Упрочнение рабочих органов машин, работающих в абразиве // Труды ГОСНИТИ. 2013. № 2 (Т. 111). С. 86-88.

4. **Латыпов Р.А., Бахмудкадиев Н.Д., Бурак П.И.** Упрочнение дисковых рабочих органов // Сельский механизатор. 2006. № 2. С. 36.

5. **Михальченков А.М., Гринь А.М., Миненко А.А.** Ресурс и изнашивание лемехов, восстановленных заплавкой лучевидного износа // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 4. С. 24-26.

6. **Латыпова Г.Р.** Технология ремонта и упрочнения дисковых рабочих органов электроконтактной приваркой порошковой смеси ПГСП-2 И Т15К6 // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 134-138.

7. **Сидоров С.А.** Совершенствование конструкции и упрочнение дисковых рабочих органов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 8. С. 30-32.

8. **Шовкопляс А.В.** Анализ причин изнашивания дисковых рабочих органов и моделей изменения свойств почвы под их действием // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. № 3. С. 1-8.

Statistical Analysis of Disc Wears on Disk Tools

**A.M. Mikhail'chenkov,
A.A. Tyureva, Yu.I. Filin, N.V. Sinyaya**

Summary. *It is shown that the main factor determining performance, repair ability and limiting state of disks on disk tools is teeth wear on the top. Appearance of cracks and distortion of part configuration are random and associated with tripping-over obstacles.*

Key words: *disks, disk tools, defects, wear, cracks, distortion of part configuration, statistical analysis.*