
ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН С УЧЕТОМ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

**Иван Витальевич Соболевский
Евгений Николаевич Турин
Ильяс Идрисович Калафатов**

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

Для повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин, качества обработки почвы и снижения тягового сопротивления актуальным является изучение процесса наплавления износостойких материалов с разработкой оптимальной формы наплавляемой поверхности. Представлены результаты исследований, проведенных с целью изучения влияния типа и фракционного состава почв Республики Крым на показатели долговечности и ресурса рабочих органов культиваторов и дисковых бороновальных машин за счет биосистемного подхода, позволяющего совершенствовать формы поверхностей, наплавляемых износостойкими материалами. Установлено, что относительная изнашивающая способность почвы оказывает значительное влияние на снижение ресурса и, как следствие, на долговечность рабочего органа, особенно по износу рабочей части лезвия. Определены коэффициент неравномерности износа, а также усредненное значение предельного износа рабочих органов почвообрабатывающих машин. С учетом коэффициента адаптационной наработки определена долговечность рабочих органов, подвергающихся упрочнению на основе бионических прототипов. Изучены особенности роющих конечностей животных-землероев, в частности жука-скарабея (*Scarabaeus*), у которого основные функции рыхления выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму. Анализ физического строения панцирной челюсти позволил адаптировать элементы ее морфологического строения для обоснования дополнительных элементов конструкции рабочего органа такой почвообрабатывающей машины, как дисковый бороновальный аппарат. Главная особенность предложенной конструкции заключается в нанесении методом наплавки износостойкого материала в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, что позволяет повысить ресурс и надежность дискового бороновального аппарата, особенно при эксплуатации на типах почв, отличающихся высокой относительной способностью изнашивать рабочие органы почвообрабатывающих орудий за счет своего фракционного состава.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почва, почвообрабатывающие машины, культиваторы, дисковые бороновальные аппараты, наплавка, наработка, бионика, жук-скарабей, повышение ресурса.

RESOURCE INCREASING OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINERY WITH CONSIDERATION TO THE SOIL CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

**Ivan V. Sobolevskiy
Evgeniy N. Turin
Ilyas I. Kalafatov**

Research Institute of Agriculture of Crimea

In order to increase the resource of the working bodies of tillage machinery, the quality of tillage and reduce plowing resistance, it is relevant to study the process of surfacing wear-resistant materials with the development of the optimal shape of the built up surface. The authors present the results of the conducted studies aimed at surveying the influence of the type and fractional composition of soils of the Republic of Crimea on the indicators of durability and resource of the working bodies of cultivators and disc harrows due to a biosystem approach that allows improving the shapes of the surfaces built up with wear-resistant materials. It is established that the relative soil abrasion has a significant impact on the reduction of the resource and, as a consequence, on the durability of the working body, especially in terms of wear of the working part of the blade. The coefficient of uneven wear is determined, as well as the average value of the wear limit of the working bodies of tillage machinery. Taking into account the coefficient of adaptive running time, the durability of working bodies

undergoing hardening on the basis of bionic prototypes is determined. The authors considered features of burrowing limbs of earth-boring animals, in particular the screech beetle (*Scarabaeus sacer*), in which the main functions of loosening are performed not only by the forelimbs, but also by the fan-shaped jaw. Such a physical structure of the loricatae jaw made it possible to adapt elements of its morphological structure, in support of additional elements for the design of the working body of such a tillage machine as a disc harrow. The main feature of the proposed device is the deposition of a wear-resistant material in the form of ellipsoidal hemispheres located in the tooth zones and hemispheres located in the cavity zones, which allows increasing the resource and reliability of the disc harrow, especially when operating on soils characterized by a high relative ability to wear out the working bodies of tillage tools due to its fractional composition.

KEYWORDS: soil, tillage machinery, cultivators, disc harrows, surfacing, operating time, bionics, screech beetle (*Scarabaeus sacer*), resource enhancement.

Введение

В Российской Федерации в целом и в частности в Республике Крым происходит интенсификация производства сельскохозяйственной продукции, которая выращивается на площади, превышающей 115 млн га пашни, где основное воздействие на почву при выращивании сельскохозяйственной продукции оказывает механическая обработка. Основными видами механической обработки почвы являются: глубокое рыхление, вспашка, культивация, боронование, фрезерование и лушение. При этом для Республики Крым, где доминирует зона рискованного земледелия с ветровой и водной эрозиями, широкое распространение получили стерневая и плоскорезная обработки почвы.

Как показывает анализ, в данных технологиях обработки почвы широкое распространение получили рабочие органы культиваторов различных модификаций и дискаторы, которые заменяют вспашку дискованием. При этом у рабочих органов в основном подвергаются повышенному износу, в геометрии, рабочие зоны режущих частей. Этот процесс приводит к изменению общих размеров и массы рабочих органов, что, в свою очередь, приводит к нарушению качества обработки почвы и повышению тягового сопротивления почвообрабатывающих машин. В результате снижается производительность труда и возрастают затраты на частые замены полных комплектов дорогостоящих рабочих органов.

Также значительное влияние на качество обработки и ресурс машин, обрабатывающих почву, оказывают ее тип и фракционный состав, который характеризуется таким показателем, как относительная изнашивающая способность почв. Данный показатель значительно влияет на процесс изнашивания рабочих органов машин, обрабатывающих почву.

Существующие способы увеличения ресурса рабочих органов в основном направлены на использование более износостойких материалов, которые наплавляются на основной металл рабочего органа при его изготовлении либо восстановлении. При этом часто не учитывают форму поверхности, которая формируется после наплавки. Такое несоответствие часто приводит к возникновению повышенного износа в рабочих зонах, где отсутствует износостойкий материал.

Поэтому актуальным является изучение процесса наплавления износостойких материалов с разработкой оптимальной формы наплавляемой поверхности, которая позволит повысить ресурс рабочих органов почвообрабатывающих машин, качество обработки почвы и снизит тяговое сопротивление.

Дальнейшее обоснование форм поверхностей наплавляемых износостойким материалом на рабочие органы культиваторов и дискаторов предлагается с применением системного бионического подхода, на основе анализа режущих и демпфирующих приспособлений животных-землероев [1].

Целью проведенных исследований являлось изучение влияния типа и фракционного состава почв Республики Крым на показатели долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих орудий (культиваторов и дискаторов) за счет биосистемного подхода, позволяющего совершенствовать формы поверхностей, наплавливаемых износостойкими материалами.

Материалы и методы

Вопросами повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов занимались такие ученые, как Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, А.М. Михальченков, В.С. Новиков, А.В. Шовкопляс и др. [1, 3, 6, 8].

Л.Ф. Бабицкий рассматривает роющие конечности биологических прототипов, которые оказывают на почву прерывистое в пространстве и периодическое во времени воздействие, как основу для создания конструкции рабочих органов почвообрабатывающих машин с повышенным ресурсом [1].

А.В. Шовкопляс на основании проведенных исследований износа рабочих органов после точечной наплавки выявил, что на режущих кромках почвообрабатывающих машин формируется серрейторное лезвие с волнистой формой режущей кромки, что приводит к повышению эффективности разрезания растительных и пожнивных остатков с минимальным износом рабочей зоны [8].

Методы, учитывающие закономерности функционирования биологических прототипов – объектов живой природы, остаются малоизученными и требуют тщательного анализа и апробации. В ходе проведения исследований по повышению ресурса рабочих органов культиваторов и дискаторов за счет биосистемного подхода применялись два вида моделирования: физическое и имитационное.

При физическом моделировании изучалось функциональное моделирование выбранного биологического прототипа – животных-землероев, в частности веерного вида челюсти жука-скарабея (*Scarabaeus*) для воспроизводства его основных геометрических и физических характеристик.

Имитационный метод позволил выполнить моделирование веерного вида челюсти с ее аппроксимацией на новые элементы конструкции рабочих органов культиваторов и дискаторов.

Результаты и их обсуждение

Исследования, направленные на поиск путей повышения ресурса рабочих органов культиваторов и дискаторов, проводили на опытных полях двух отделений ФГБУН «НИИ СХ Крыма».

В отделении полевых культур ФГБУН «НИИ СХ Крыма» (с. Клепинино, Красногвардейский район) почва представлена южным мицелярно-карбонатным черноземом. Почвообразующими породами являются желто-бурые лессовидные и красно-бурые плиоценовые глины. Для данных пород характерен среднемошный гумусовый профиль 55–70 см. Этот тип черноземов обладает высокой микроагрегированностью. Благодаря хорошей структурности плотность у данного вида почв невысокая и находится в пределах 1,0–1,30 г/см³. В подгумусовых слоях плотность возрастает до 1,4–1,5 г/см³. Хорошая структурность у черноземов предопределяет их высокую пористость в гумусовых горизонтах (50–60%). Для черноземных почв характерно благоприятное сочетание капиллярной и некапиллярной пористости. Некапиллярная пористость может составлять 1/3 общей пористости, что обеспечивает достаточно хорошую воздухо- и водопроницаемость. При этом пахотная часть горизонта А характеризуется свойством впитывать влагу медленнее, чем подпахотная, что обуславливает значительное распыление структуры и уплотнение горизонта. Гранулометрический состав фракции <0,01

составляет от 57 до 68% и фракции <0,001 – от 28 до 47% [4, 7]. Данный тип почв имеет относительную изнашивающую способность по фракционному составу применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин m , равную 0,06.

В отделе эфиромасличных и лекарственных культур почвенный покров представлен черноземом обыкновенным мицелярно-карбонатным предгорным (с. Крымская роза, Белогорский район). Почвообразующими породами являются красно-бурые, палево-желтые и желто-бурые хрящевато-щебенчатые и галечные суглинки и глины. По гранулометрическому составу данные черноземы относятся к тяжелым суглинкам и легким глинам пылевато-иловатым. Содержание физической глины в верхних горизонтах варьируется в пределах 46–74%.

При увеличении глубины механический состав становится тяжелосуглинистым. Преобладающими фракциями гранулометрического состава в данных почвах являются пылеватая (29–42) и иловатая (26–54). Доля песчаной фракции составляет около 5%. Содержание гумуса в верхних горизонтах на целине достигает 4,4–4,6%, в распахиваемых почвах – 2,9–3,6%.

Количество гумуса при увеличении глубины также уменьшается, но постепенно. Его общие запасы в метровой толще составляют 280–300 т/га. Плотность данного вида почв невысокая и колеблется в пределах 1,0–1,30 г/см³ [6, 7].

Данный тип почв имеет относительную изнашивающую способность по фракционному составу применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин m , которая находится в диапазоне 0,15–0,22.

Как показывают результаты аналитических исследований, относительная изнашивающая способность почвы оказывает значительное влияние на снижение ресурса и, как следствие, на долговечность рабочего органа, особенно по износу рабочей части лезвия. При этом долговечность рабочего органа, созданного по бионическому подобию, можно определить по формуле (1) [3]

$$T_{p.o.} = \left(\frac{(a - c) \cdot \varepsilon_{эм} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эм} \cdot \eta_1 \cdot \rho \cdot V_{н.м.} \cdot t_{gi}} \right) \cdot k_{A.H.}, \quad (1)$$

где a – начальная длина лезвия рабочего органа, см;
 c – предельная длина лезвия рабочего органа, см;
 $\varepsilon_{эм}$ – относительная износостойкость металла рабочего органа при эталонном давлении абразивных частиц почвы;
 η_2 – коэффициент, который учитывает относительную износостойкость металла рабочего органа в зависимости от давления абразивных частиц почвы;
 χ – отношение линейной скорости движения почвообрабатывающей машины к скорости перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа;
 A – производительность рабочего органа, га/ч;
 $m_{эм}$ – относительная изнашивающая способность обрабатываемого почвенного пласта при эталонном давлении его абразивных частиц;
 η_1 – коэффициент, учитывающий изменение изнашивающей способности обрабатываемого почвенного пласта в зависимости от давления его абразивных частиц;
 ρ – давление абразивных частиц почвы в точке большего износа, Мпа;
 $V_{н.м.}$ – линейная скорость движения почвообрабатывающей машины, км/ч;
 t_{gi} – угол заточки лезвия рабочего органа, град.;
 $k_{A.H.}$ – коэффициент адаптационной наработки рабочего органа, созданного по бионическому подобию.

Проведенные исследования базировались на микрометраже предельного износа рабочих органов дискатора по рабочей части лезвия по таким контрольным параметрам, как:

- износ зубьев по вершинам ΔL , мм;
- износ зубьев по впадинам Δl , мм;
- износ дискатора по толщине для впадин $\Delta t_{впад}$, мм;
- износ дискатора по толщине для вершин $\Delta t_{верш}$, мм.

При этом измерения выполняли по двум точкам.

Также измеряли такие параметры, как:

- износ лапы по носовой части L , мм;
- износы лапы по крыльям ΔL и Δl , мм (рис. 1).

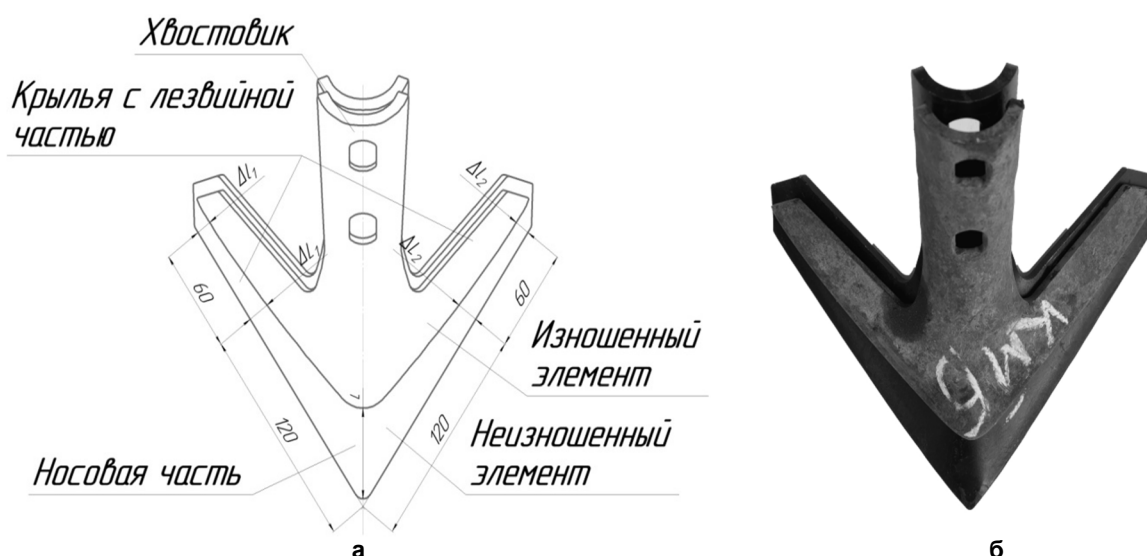


Рис. 1. Методика микрометража для определения предельного износа рабочих органов культиватора по рабочей части лезвия:
а) – схема измерения износов лапы с контролируемыми параметрами;
б) – подготовка лап культиватора к измерениям

Установлено, что предельный износ $W_{p.o.}$ рабочих органов по рабочей части лезвия имеет значительную вариацию.

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, вдоль всей длины рабочей части лезвия у дискаторов наблюдается неравномерный предельный износ $W_{p.o.}$. У вершин дискаторов он значительный, у впадин – в четыре раза меньше. Данная значительная вариация износа по всей длине окружности обусловлена различным влиянием давления абразивных частиц почвы на поверхность рабочих органов.

Как видно на схеме измерения износов, у дискаторов точками большего износа являются зубья. Так как они обладают малым радиусом кривизны по описываемой окружности, приближающейся к прямой линии по длине режущей кромки зуба, то в этой зоне возникает максимальное трение абразивных частиц почвы о металл. Во впадинах отмечена противоположная ситуация. У них радиус кривизны внутренний и малый, что дает возможность обеспечивать угол φ трения-скольжения почвы о металл в допустимых рациональных значениях 14–42°. При этом процесс изнашивания значительно уменьшается, как это наглядно видно из результатов измерений рабочих органов дискатора по величине износа (табл. 1).

Результаты исследований лап культиваторов также показали неравномерный предельный износ $W_{p.o.}$ вдоль всей длины рабочей части лезвия (табл. 2).

Таблица 1. Результаты измерений рабочих органов дискатора по величине износа рабочей части лезвия

Статистический показатель	Износ зубьев, мм		Износ диска по толщине, мм	
	по вершинам, ΔL	по впадинам, ΔI	вершин, $\Delta t_{\text{верш}}$	впадин, $\Delta t_{\text{впад}}$
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m , равную 0,06 (Отделение полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»)	41,0	10,8	2,5	1,8
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m в диапазоне 0,15–0,22 (Отделение эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»)	61,5	16,2	3,8	2,7

Таблица 2. Результаты измерений рабочих органов культиватора по величине износа рабочей части лезвия

Статистический показатель	Износ крыльев, мм		Износ носовой части, мм
	ΔL	ΔI	L
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m , равную 0,06	21,55	17,35	46,6
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m в диапазоне 0,15–0,22	32,20	25,80	68,5

Рабочая поверхность носка лапы является областью наибольшей интенсивности трения с абразивными частицами почв, что обусловлено различным влиянием давления абразивных частиц почвы за счет возникновения зон деформации от носка лапы до рабочих зон крыльев, по которым почва скользит уже менее плотная – по сравнению с рабочей зоной носка лапы (рис. 1).

Фракционный состав оказывает значительное влияние на величины износа. У дискаторов, которые работали на черноземе южном мицеллярно-карбонатном, при наработке 30 га износ достигал 33%, на черноземе обыкновенном мицеллярно-карбонатном предгорном, при такой же наработке – 50%. Соответственно у культиваторов износ варьировал в интервале от 32 до 48%.

Следовательно, необходимо определить усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$, которое должно быть уточнено коэффициентом неравномерности износа $k_{н.и.}$, учитывающим два основных фактора: форму рабочей зоны и относительную изнашивающую способность по фракционному составу m .

Коэффициент неравномерности износа определим по формуле

$$k_{н.и.} = \frac{\Delta I}{\Delta L}. \quad (2)$$

В результате у почвообрабатывающих рабочих органов для представленных типов почв коэффициент неравномерности износа $k_{Н.И.}$ будет равен 0,26.

Усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$ определим по формуле

$$W_{p.o.} = \frac{\Delta L + \Delta l}{2}. \quad (3)$$

После соответствующих преобразований уравнение (1) примет следующий вид:

$$T_{p.o.} = \left(\frac{(0,5 \cdot (\Delta L + \Delta l)) \cdot \varepsilon_{эм} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эм} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_{н.м.} \cdot tgi} \right) \cdot k_{А.Н.} \quad (4)$$

Особенность данного уравнения в том, что оно учитывает коэффициент адапционной наработки, характеризующий системную надежность почвообрабатывающих рабочих органов, созданных на основе показателей бионики и биоэргономики [2].

Исследования в области биомеханики, касающиеся вопросов земледелия (способов обработки почв), дают возможность аппроксимировать способности роющих конечностей животных-землероев, обладающих повышенной надежностью, на рабочие органы почвообрабатывающих машин.

У животных-землероев можно выделить два основных вида резерва: структурно-функциональный и структурно-нагрузочный. Данные два вида резерва предусматривают применение дополнительных резервных элементов у структуры роющих конечностей, дающих возможность длительно выдерживать действующие на них нагрузки [4, 9, 10].

Основные функции рыхления у жука-скарабея выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму. Морфологические особенности строения панцирной челюсти были учтены при обосновании дополнительных элементов конструкции рабочего органа дискатора (лапы культиватора), что позволило повысить их ресурс, особенно при использовании на типах почв, имеющих высокую относительную изнашивающую способность по своему фракционному составу (рис. 2).

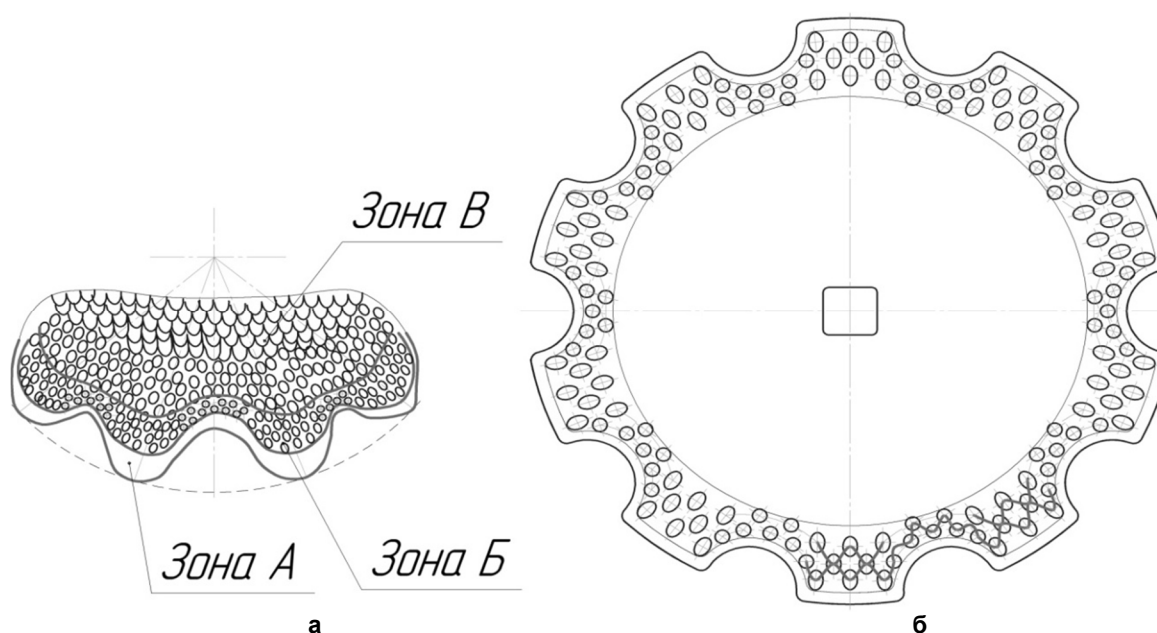


Рис. 2. Бионическое обоснование модели рабочего органа дискатора: а – аппроксимация морфологического строения челюсти жука-скарабея (*Scarabaeus*); б – общий вид рабочего органа дискатора с дополнительными элементами конструкции в рабочей зоне

Рабочая зона предложенного дискатора имеет нанесенный методом наплавки износостойкий материал в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, что позволяет формировать застойные зоны неподвижных абразивных частиц почвы, которые будут снижать трение контактного слоя почвы с основным металлом рабочей зоны. В результате будет обеспечиваться резкое снижение скорости перемещения абразивных почвенных частиц в промежутках между эллипсоидными полусферами, а также изменение направления движения почвенных агрегатов, попадающих в эти промежутки.

Расположение осей симметрии эллипсоидных полусфер на зубьях и полусфер на впадинах по направлению перемещения обрабатываемого пласта почвы (перемещается по внутренней полусферической поверхности дискатора) создает симметричное распределение лобового сопротивления этого пласта. При этом возникает устойчивая плоскость трения контактного слоя абразивных частиц почвы с поверхностью наплавленных эллипсоидных полусфер, а также расположенных между ними застойных зон неподвижных абразивных частиц почвы, имеющих повышенную плотность. Как следствие, будет снижаться скорость изнашивания основного металла (особенно в областях с наибольшей интенсивностью трения рабочей зоны), а также неравномерность предельного износа $W_{p.o.}$ по всей длине рабочей зоны контакта.

Выводы

Исследованиями установлено, что фракционный состав черноземов Республики Крым оказывает значительное влияние на величину износа рабочих органов почвообрабатывающих машин.

На черноземе южном мицеллярно-карбонатном при наработке 30 га износ достигал 33%.

На черноземе обыкновенном мицеллярно-карбонатном предгорном при такой же наработке износ достигал 50%.

Для рабочих органов почвообрабатывающих машин был определен коэффициент неравномерности износа $k_{н.и.}$, а также усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$. С учетом коэффициента адаптационной наработки $k_{а.н.}$ определена долговечность рабочего органа, созданного по бионическому подобию.

С учетом двух видов резерва, предусматривающих применение дополнительных резервных элементов в структуре роющих конечностей животных-землероев, особый интерес по характеру жизнедеятельности представляет биологический прототип – жук-скарабей (*Scarabaeus*), у которого основные функции рыхления выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму.

Такое физическое строение панцирной челюсти позволило адаптировать элементы ее морфологического строения, в обоснование дополнительных элементов для конструкции рабочего органа дискатора.

Особенность данной конструкции заключается в нанесении методом наплавки износостойкого материала в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, позволяющих повысить их ресурс и надежность, особенно на типах почв, имеющих высокую относительную изнашивающую способность по своему фракционному составу.

Библиографический список

1. Бабицкий Л.Ф. Бионико-механические основы сельскохозяйственных машин. Теория и методы : монография / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский. – Saarbrucken, Germania : LAP Lambert Academic Publishing, 2016. – 384 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Бионическое обоснование путей совершенствования сельскохозяйственных машин на основе коэффициента адаптационной наработки / Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Технические науки. – 2014. – № 162. – С. 197–205.
3. Новиков В.С. Повышение долговечности стрельчатых лап культиваторов / В.С. Новиков, Д.И. Петровский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2017. – № 4 (80). – С. 49–55.
4. Паштецкий В.С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым : монография / В.С. Паштецкий. – Симферополь : АРИАП, 2015. – 273 с.
5. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Д.А. Капошко и др. // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 191–197.
6. Статистический анализ износов дисков дисковых орудий / А.М. Михальченко, А.А. Тюрева, Ю.И. Филин, Н.В. Синяя // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 7. – С. 42–45.
7. Турин Е.Н. Совершенствование обработки почвы в Крыму / Е.Н. Турин, К.Г. Женченко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 52–60.
8. Шовкопляс А.В. Упрочнение режущих поверхностей дисковых и стрельчатых рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью уменьшения их износа и измерения его величины и характера / А.В. Шовкопляс, А.И. Данилин // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2019. – № 6–1. – С. 197–203.
9. Tong J. Geometrical features and wettability of dung beetles and potential biomimetic engineering applications in tillage implements / J. Ton, J. Sun, D. Chen, S. Zhang // Soil and Tillage Research. – 2005. – Vol. 80 (1-2). – Pp. 1–12.
10. Zhiwei Z. Performance evaluation of fluted coulters and rippled discs for vertical tillage / Z. Zhiwei, C. Ying // Soil and Tillage Research. – 2018. – Vol. 183. – Pp. 93–99.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Иван Витальевич Соболевский – кандидат технических наук, доцент, зав. отделом механизации производства и разработки новых образцов техники ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Евгений Николаевич Турин – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией земледелия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: turin_e@niishk.ru.

Ильяс Идрисович Калафатов – инженер-конструктор отдела механизации производства и разработки новых образцов техники ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: ikalafatov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 12.07.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Ivan V. Sobolevskiy, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Mechanization of Production and Development of New Models of Technology, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Evgeniy N. Turin, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Soil Management Laboratory, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: turin_e@niishk.ru.

Ilyas I. Kalafatov, Design Engineer, the Dept. of Mechanization of Production and Development of New Types of Equipment, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: ikalafatov@mail.ru.

Received July 12, 2021

Accepted after revision August 05, 2021