

Разработка цифровой модели рабочего органа земледельческого орудия

Виктор Иванович Мяленко,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: library82@mail.ru

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Российская Федерация

Реферат. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель рабочего органа земледельческого орудия, позволяющую рассчитать и предвидеть его ожидаемое поведение в период всего срока эксплуатации. (*Цель исследования*) Разработать алгоритм последовательных моделей, составляющих цифровой двойник рабочего органа земледельческого орудия. (*Материалы и методы*) Первую составляющую алгоритма цифрового двойника определили методом ускоренных имитационных нагружений рабочего органа клина-рыхлителя, принятого в качестве объекта исследования. Вторую составляющую выявили методом тестирования различных почв с определением силовых эквивалентов. При описании последующих составляющих учитывали физико-механические свойства почв и материалы (упрочнения) для изготовления рабочих органов. (*Результаты и обсуждение*) Показали, что алгоритм построения цифрового двойника рабочего органа земледельческого орудия складывается из цепочки последовательных действий и представляет систему цифрового описания рабочего органа, обеспечивающую нормативный срок службы при эксплуатации. В качестве первой составляющей алгоритма приняли результаты имитационного погружения, которые регистрируют характер распределения нормальных сил по поверхностям трения. Во второй составляющей учитывали результаты определения силового эквивалента при нагружении рабочего органа в условиях реальной почвенной среды. Выявили возможность построения карт интенсивностей абразивного износа поверхности трения, прогнозных расчетов элементов конструкции. Третью и четвертую составляющие применяли для обеспечения нормативного срока службы рабочего органа, исходя из минимальных затрат при изготовлении, соотнесенных к единице выработки нормативного ресурса. (*Выводы*) Полученный алгоритм построения цифрового двойника – удобный инструмент при создании новых конструкций рабочих органов земледельческих орудий. **Ключевые слова:** земледельческое орудие, цифровой двойник, имитационная модель, метод имитационных нагружений, динамический винт, номограмма определения ресурса работоспособности.

Для цитирования: Мяленко В.И. Разработка цифровой модели рабочего органа земледельческого орудия // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №4. С. 57-62. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-57-62.

Development of a Digital Model of the Agricultural Tool Working Element

Victor I. Myalenko,
Dr.Sc.(Eng.), professor
e-mail: library82@mail.ru

Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russian Federation

Abstract. The digital twin is a virtual model of the agricultural tool working element that allows you to calculate and predict its expected behavior during the entire period of operation. (*Research purpose*) To develop an algorithm for consistent models that make up the digital twin of the agricultural tool working element. (*Materials and methods*) The first component of the digital twin algorithm was determined by the method of accelerated imitation loading of the wedgelock ripper working element, which was accepted as the research object. The second component was determined by testing various soils with the specification of power equivalents. The physical and mechanical properties of soils and materials (hardening) for the manufacture of working elements were taken into account during the description of the following components. (*Results and discussion*) The author showed that the algorithm for constructing a digital twin of the agricultural tool working element consisted from a chain of successive actions and was a system for digital description of the working element, which ensured the standard lifetime during operation. The results of a simulated immersion which registered the nature of the normal forces distribution over the friction surfaces were accepted as the first component of the algorithm. The second component – the results of determining the force equivalent

when loading the working element in a real soil environment. The possibility of constructing maps of the intensity of the friction surface abrasive wear, predictive calculations of structural elements was revealed. The third and fourth components were used to ensure the working element standard lifetime, based on the minimum production costs, correlated to the standard resource unit of development. (*Conclusions*) The resulting algorithm for constructing a digital twin is a convenient tool for creating new designs of agricultural tools working elements.

Keywords: agricultural tool, digital twin, simulation model, method of simulated loading, dynamic screw, nomogram for determining the lifetime.

For citation: Myalenko V.I. Razrabotka tsifrovoy modeli rabocheho organa zemledel'cheskogo orudiya [Development of a digital model of the agricultural tool working element]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N4. 0-0 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-2-0-0.

Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель физического объекта, например рабочего органа земледельческого орудия, который воспроизводит его поведение в период реальной эксплуатации. Первоначальные характеристики и геометрические параметры рабочих органов постепенно изменяются в процессе эксплуатации земледельческих орудий вследствие абразивного износа или других причин, включая случаи поломок [1, 2]. Использование модели цифрового двойника позволяет предвидеть ожидаемое поведение рабочего органа в период эксплуатации и предотвратить возникновение критических ситуаций, не снижая качества выполнения технологического процесса за весь срок эксплуатации.

Для создания модели цифрового двойника необходимы длительный опыт наблюдений и данные о поведении рабочего органа в разных режимах реальной эксплуатации. К сожалению, это требует длительных затрат времени наблюдения с учетом сезонности и технологического разнообразия работ, в результате которых объект уже морально устаревает и требует каких-то конструктивных изменений. Поэтому необходимы методы ускоренных процессов и имитаций, которые адекватно отражают реальные процессы и помогают создать электронный паспорт с уравнениями, табличными материалами и математическими моделями, характеризующими работу в реальных условиях [3]. В настоящее время это особенно актуально, когда периодически меняются технологии возделывания сельскохозяйственных культур и требуются надежные конструкции новых рабочих органов земледельческих орудий.

Цель исследования – разработать алгоритм последовательных моделей, составляющих цифровой двойник рабочего органа земледельческого орудия.

Материалы и методы. Целевая функция состоит из нескольких переменных, описывающих разные процессы, которые одновременно воздействуют на рабочий орган в процессе его эксплуатации. В ходе анализа оценивали оптимальные соотношения между переменными по конечному критерию – минималь-

ным затратам на изготовление рабочего органа с обеспечением номинального ресурса работоспособности и качества выполнения технологического процесса [4].

Приборная база исследования включала стенд для ускоренных имитационных нагружений и устройства для пространственного динамометрирования рабочих органов в реальной среде эксплуатации. В качестве макетного образца опытного рабочего органа использовали клин-рыхлитель с лицевой поверхностью 120×120 мм. Абразивная среда представляла рыхлую почвенно-песчаную структуру с влажностью 20-25%, а угол рыхления клина – 30°.

Первая составляющая двойника получена на основе метода имитационных нагружений рабочего органа с последующим построением эпюр нормальных давлений, действующих со стороны обрабатываемой почвы. Вторую составляющую выявили методом тестирования различных почв с нахождением силовых эквивалентов внешнего нагружения. Далее использовали составляющие, учитывающие физико-механические свойства почв зон последующей эксплуатации и выбирали материалы (упрочнения) для изготовления рабочего органа, обеспечивающие нормативный срок службы и качество выполнения технологического процесса. В качестве объекта исследования приняли макетный образец клина-рыхлителя, прошедший этапы научно-исследовательских работ и агробиологической оценки.

Результаты и обсуждение. При нахождении эпюр нормальных давлений применяли метод имитационных ускоренных нагружений, поскольку в условиях реальной эксплуатации требуются длительные сроки наблюдений, вызванные сезонностью работ и сложностью соблюдения идентичности при необходимых повторностях. Принцип измерения нормальных давлений, действующих со стороны почвы на рабочий орган, в нашей работе был основан на практическом применении закона Амонтона-Кулона, где интенсивность трения и, как следствие, абразивного износа пропорциональна нормальному давлению [5]. Предварительно изучили разные методы измерения, в частности метод искусственных баз и методы нанесения

на поверхности трения легкоистираемых материалов покрытий – гальванических разных цветов или лакокрасочных [6]. В настоящей работе применяли имитационный метод (рис. 1).

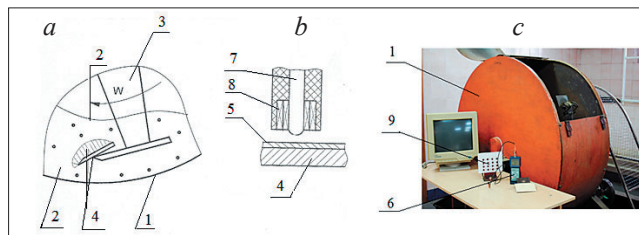


Рис. 1. Стенд для ускоренных имитационных испытаний рабочих органов земледельческих орудий на абразивный износ: а – схема нагружения рабочего органа; б – магнитоиндукционный измеритель толщины слоя легкоистираемого материала; с – общий вид стенда; 1 – круговая камера; 2 – почвенно-песчаная среда; 3 – стойка; 4 – рабочий орган; 5 – легкоистираемый материал; 6 – магнитоиндукционный прибор; 7 – сердечник; 8 – катушка; 9 – кондуктор

Fig. 1. Stand for accelerated imitation tests of agricultural tools working elements for abrasive wear: a – working element loading diagram; b – magneto-inductive meter for easily abrading material layer thickness; c – general view; 1 – circular chamber; 2 – soil-sandy environment; 3 – rack; 4 – working element; 5 – easily abrading material; 6 – magnetic induction device; 7 – core; 8 – coil; 9 – conductor

Внутри круговой камеры, заполненной почвенно-песчаной средой, находится стойка с рабочим органом. На поверхность трения рабочего органа нанесен легкоистираемый материал, толщина слоя которого измерялась магнитоиндукционным прибором с сердечником и катушкой с ориентированием по кондуктору [7]. Значения величин нормальных давлений определяли, ориентируясь на закон Амонтона-Кулона:

$$N = \frac{\Delta I}{\tan \varphi \cdot K_c}; \quad (1)$$

где: N – нормальное давление, Н;

ΔI – точечная величина измеренного износа на поверхности трения рабочего органа, мм;

φ – угол трения, рад.;

K_c – коэффициент сопротивляемости абразивному износу.

Полученные в разных точках длины L лицевой поверхности рабочего органа значения нормальных давлений N откладывали в масштабе на тех же точках с получением эпюры, описывающей $N=f(L)$. Для удобства дальнейшего обсуждения эпюру разместили в координатной плоскости XOY (рис. 2).

Граница эпюры характеризует распределение нормального давления по всей длине поверхности трения и может быть описана следующим уравнением:

$$y = -0,0008x^4 + 0,043x^3 - 0,838x^2 + 7,232x - 20,608 \quad (2)$$

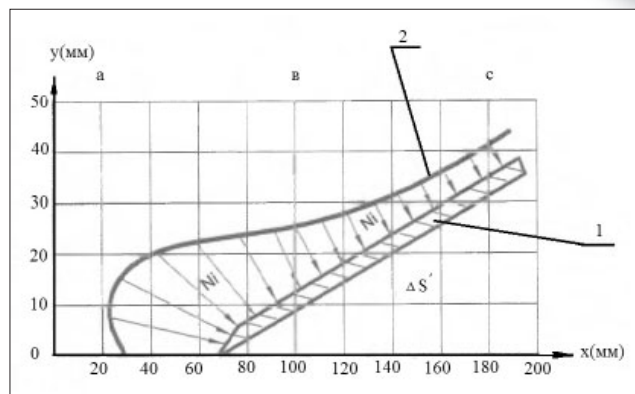


Рис. 2. Эпюра нормальных давлений, действующая по поверхности трения клина-рыхлителя: 1 – рабочий орган; 2 – верхняя граница эпюры

Fig. 2. Shear and moment diagram of normal pressures acting on the friction surface of the wedgelock ripper: 1 – working element; 2 – shear and moment diagram upper border

Судя по характеру распределения нормальных давлений, интервал эпюры от а до b более нагружен в сравнении с интервалом от b до с (рис. 2).

Вместе с тем вся площадь эпюры нормальных давлений по своему физическому смыслу представляет суммарную величину внешнего нагружения (давления), испытываемого рабочим органом. При этом площадь эпюры давления определяется исходя из уравнения:

$$\begin{aligned} S &= \int_{20}^{180} f(x)dx - \Delta S' = \\ &= \int_{20}^{180} (-0,0008x^4 + 0,043x^3 - 0,838x^2 + 7,232x - 20,608)dx - \Delta S' = 442,7 \text{ мм}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

где S – площадь эпюры, мм²;

$\Delta S'$ – площадь с отсутствием давления в пределах интервала интегрирования, мм².

Полученные зависимости (2) и (3) позволяют судить о характере изменения внешнего нагружения по поверхности трения, хотя реальные значения действующих нагрузок в конкретных средах эксплуатации орудий остаются неизвестными.

Вторую составляющую цифрового двойника нашли методом нагружения рабочего органа в условиях реального почвенного сложения (тестирование почв). С этой целью применили устройство для пространственного динамометрирования рабочих органов земледельческих орудий (рис. 3).

Тензометрические звенья воспринимают пространственные силовые характеристики, действующие на рабочий орган со стороны почвы [8]. Расчетная схема определения силового эквивалента представляет собой следующую последовательность:

$$P_x = \sum_{i=1}^6 P_{xi} = P_1 - P_2;$$

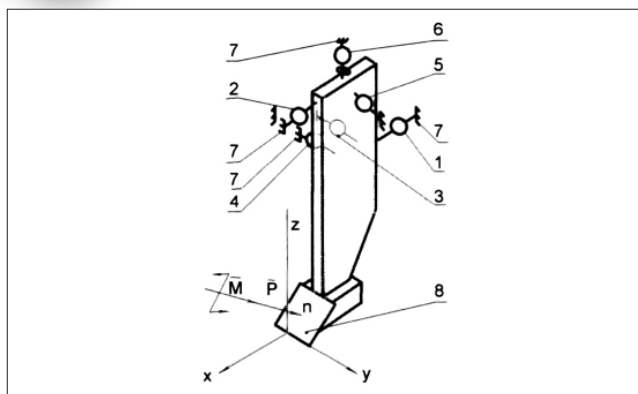


Рис. 3. Схема устройства для пространственного динамометрирования рабочего органа: 1-6 – тензометрические звенья; 7 – кронштейны; 8 – рабочий орган

Fig. 3. Diagram of the device for spatial dynamometry of the working element: 1-6 – strain gauge elements; 7 – brackets; 8 – working element

$$P_y = \sum_{i=1}^6 P_{yi} = P_3 + P_4 - P_5;$$

$$P_z = \sum_{i=1}^6 P_{zi} = P_6;$$

$$M_x = \sum_{i=1}^6 M_{xi} = P_6 \cdot h_{x6} - P_3 \cdot h_{x3} - P_4 \cdot h_{x4} + P_5 \cdot h_{x5};$$

$$M_y = \sum_{i=1}^6 M_{yi} = P_3 \cdot h_{y3} - P_2 \cdot h_{y2} - P_6 \cdot h_{y6};$$

$$M_z = \sum_{i=1}^6 M_{zi} = P_2 \cdot h_{z2} + P_3 \cdot h_{z3} - P_1 \cdot h_{z1} + P_4 \cdot h_{z4} - P_5 \cdot h_{z5},$$

где $P_1, P_2, \dots, P_6$ – усилия, регистрируемые в соответствующих тензометрических звеньях, Н;

h_{x1}, h_{y2}, h_{z3} и т.д. – плечи направления усилий относительно осей координат, м;

$P_x, P_y, P_z, M_x, M_y, M_z$ – проекции главного вектора P и главного момента M , Н, Нм.

Силовым эквивалентом являются главный вектор P и главный момент M , определяемые из системы уравнений (4). Для расчета центра давления на рабочий орган со стороны почвы (точка n) используем уравненные оси динамического винта и уравнение поверхности рабочего органа:

$$\begin{cases} \frac{M_x - (y \cdot P_z - z \cdot P_y)}{P_x} = \frac{M_y - (z \cdot P_x - x \cdot P_z)}{P_y} = \frac{M_z - (x \cdot P_y - y \cdot P_x)}{P_z}, \\ y = a + bx + cz. \end{cases} \quad (5)$$

где x, y, z – текущие координаты;

a, b, c – постоянные уравнения поверхности рабочего органа.

Решение систем уравнений (5) позволяет определить координаты точки пересечения оси динамического винта с поверхностью рабочего органа (точка n). Возвращаясь к эпюре нормальных давлений (рис. 2), показывающей характер распределения нормальных давлений по лицевой поверхности рабочего органа

при имитационном нагружении, и имея величины силового эквивалента, полученного в условиях реального нагружения, нетрудно установить величины реальных удельных давлений, ожидаемые в последующей практике эксплуатации рабочего органа:

$$\lambda = P / S, \quad (6)$$

где P – главный вектор, Н;

λ – удельное давление, Н/мм².

В зависимости (6) силовой эквивалент представлен только главным вектором P . Значения главного момента M здесь можно не учитывать, считая незначительным его влияние на величины нормальных давлений.

Например, полученная величина главного вектора в одном из наших измерений $P = 872$ Н. Согласно зависимости (3) при площади эпюры $S = 442,7$ мм² величина реального удельного давления определяется как $\lambda = 1,97$ Н/мм² (рис. 2).

Таким образом, сочетание имитационного моделирования и реального определения силового эквивалента дает возможность проведения прочностных расчетов конструкции рабочего органа по координатам центра давления, а также прогнозировать интенсивность абразивного изнашивания поверхности трения с построением карт абразивного износа (рис. 4).

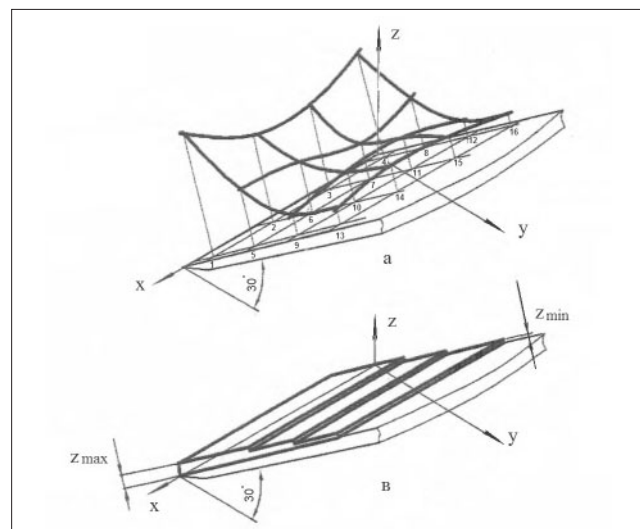


Рис. 4. Карта абразивного износа поверхности трения клина-рыхлителя: а – эпюра интенсивностей износа; б – упрочнение износостойким материалом; $z_{\max}, z_{\min}$ – толщина слоя упрочнения

Fig. 4. Map of wedge lock ripper friction surface abrasive wear: a – shear and moment diagram of wear rates; b – hardening with wear-resistant material; $z_{\max}, z_{\min}$ – hardening layer thickness

В зависимости от нормативных требований к срокам службы рабочего органа карта износа позволяет дифференцировать толщину нанесения наплавочного материала.

Следующие две составляющие алгоритма цифро-

вого двойника нацелены на выбор исходных материалов для изготовления рабочего органа и учета условий и свойств почв, где предполагается последующая эксплуатация сельскохозяйственного орудия. В конечном счете обеспечивается нормативный срок службы рабочего органа при неизменном качестве выполнения технологического процесса. Задача обеих составляющих заключается в обеспечении нормативного срока службы и решается путем выбора целесообразного соотношения между сортаментом материалов для изготовления (упрочнения поверхности трения) рабочего органа и учета абразивных свойств почвы зоны предполагаемой эксплуатации. При этом целесообразность выбора решения оценивается в нахождении минимального значения в соотношении суммы всех затрат на изготовление к единице нормативного срока службы рабочего органа.

Сегодня все почвы по изнашивающей способности можно разделить на три условные категории: первая – 1,3-3,0 г/га, вторая – 0,5-1,3, третья – 0,37-0,65 г/га применительно к стали Л 55 [8]. В то же время разные материалы, применяемые для изготовления поверхностей трения рабочих органов сельскохозяйственных орудий, также имеют неодинаковую относительную износостойкость. Принимая в качестве эталона сталь Л 53 за единицу, ко второй группе материалов можно отнести сплавы структуры аустенит + мартенсит и белый чугун – 2,5-3,5, а в третью группу войдут наплавочные материалы типа сормайт – 5,5 [9, 10].

Тогда последовательность выбора целесообразного материала для противостояния поверхности трения удобно проследить по формализованной номограмме (рис. 5).

На рисунке 5 в первой половине координатных осей номограммы сплошными линиями изображены лучи, характеризующие почвы с различной изнашивающей способностью, а во второй – материалы с различной относительной износостойкостью. Штриховыми линиями обозначен маршрут – ключ, начиная от учета свойств почв к выбору материалов, обеспечивающих нормативный ресурс.

Выводы. Алгоритм построения цифрового двойника рабочего органа сельскохозяйственного орудия сложен из цепочки последовательных действий и представляет систему цифрового описания рабочего органа, обеспечивающую нормативный срок службы при эксплуатации. В качестве первой составляющей алгоритма приняты результаты имитационного нагружения, которые регистрируют характер распре-

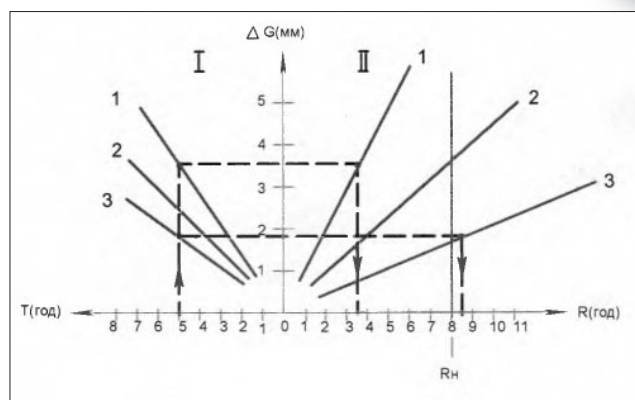


Рис. 5. Формализованная номограмма выбора свойств почв и материалов рабочего органа: T – время (продолжительность) истирания поверхности трения рабочего органа (сталь Л 55); ΔG – точечный вынос металла с поверхности трения; R , R_n – эксплуатационный и нормативный ресурс; I половина: 1, 2, 3 – почвы с различной изнашивающей способностью; II половина: 1, 2, 3 – группы материалов с различной относительной износостойкостью

Fig. 5. Formalized nomogram of the choice of soil properties and working element materials: T – the time (duration) of abrasion of working element friction surface (steel L 55); ΔG – metal point removal from friction surface; R , R_n – operational and standard resource; I half: 1, 2, 3 – soils with different wearing capacity; II half: 1, 2, 3 – groups of materials with different relative wear resistance

деления нормальных сил по поверхностям трения. Второй составляющей являются результаты определения силового эквивалента при нагружении рабочего органа в условиях реальной почвенной среды. Сочетание этих двух составляющих обеспечивает возможность построения карт интенсивностей абразивного износа поверхности трения. Кроме этого, можно найти центр внешнего давления на рабочий орган и провести прогнозные расчеты элементов конструкции.

Третья и четвертая составляющие нацелены на обеспечение нормативного срока службы рабочего органа, исходя из минимальных затрат при изготовлении, соотнесенных к единице выработки нормативного ресурса. Полученный алгоритм построения цифрового двойника – удобный инструмент при создании новых конструкций рабочих органов сельскохозяйственных орудий. Модели, составляющие алгоритма, могут быть усовершенствованы, усложнены и расширены для более адекватного отражения процесса движения рабочего органа в обрабатываемой среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс. 2008. 266 с.
2. Скиркус Р., Янкаускас В., Гайдис Р. Моделирование рабочих контактных нагрузок почвообрабатывающего эле-

мента // *Трение и износ*. 2016. Т. 37. N4. С. 510-515.

3. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Кузмишина А.М. Разработка цифрового двойника режущего инструмента для ме- ханообрабатывающего производства // *Тенденции развития*

науки и образования. 2018. N45. С. 50-57.

4. Синягов С.А., Куприяновский В.П., Куренков П.В., Намиот Д.Е., Степаненко А.В., Бубнов П.М., Распопов В.В., Селезнев С.П., Куприяновская Ю.В. Строительство и инженерия на основе стандартов BIM как основа трансформаций инфраструктур в цифровой экономике // *International journal of open information technologies*. 2017. Т. 5. N5. С. 46-79.

5. Кузнецова С.В. Преимущества применения технологии «цифровых двойников» в зарубежном и отечественном производстве // *Проблемы экономики, финансов и управления производством*. 2019. N45. С. 49-57.

6. Хрущев М.М., Бабичев М.Д. Абразивное изнашивание. М.: Наука. 1970. 252 с.

7. Мясенко В.И. Карта абразивного износа поверхности трения почворезущей детали // *Трение и износ*. 2020. Т. 41. N1. С. 128-132.

8. Мясенко В.И., Маринов Н.А. Пространственное динамометрирование рабочих органов почвообрабатывающих орудий // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. Т. 11. N5. С. 22-26.

9. Севернев М.М., Подлекарев Н.Н., Сохадзе В.Ш., Китков В.О. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. Минск: Беларуская Навука. 2011. 334 с.

10. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. Основы трибологии (трение, износ, смазка). М.: Машиностроение. 2001. 664 с.

REFERENCES

1. Panov I.M., Vetokhin V.I. Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv [Physical foundations of soil mechanics]. Kiev: Feniks. 2008. 266 (In Russian).

2. Skirkus R., Yankauskas V., Gaydis R. Modelirovanie rabochikh kontaktnykh nagruzok pochvoobrabatyvayushchego elementa [Modeling of working contact loads of a soil-cultivating element]. *Trenie i iznos*. 2016. Vol. 37. N4. 510-515 (In Russian).

3. Kabaldin Yu.G., Shatagin D.A., Kuzmishina A.M. Razrabotka tsifrovogo dvoynika rezhushchego instrumenta dlya mekhanooobrabatyvayushchego proizvodstva [Development of a digital twin of a cutting tool for machining production]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2018. N45. 50-57 (In Russian).

4. Sinyagov S.A., Kupriyanovskiy V.P., Kurenkov P.V., Namiot D.E., Stepanenko A.V., Bubnov P.M., Raspopov V.V., Seleznev S.P., Kupriyanovskaya Yu.V. Stroitel'stvo i inzheneriya na osnove standartov BIM kak osnova transformatsiy infrastruktur v tsifrovoy ekonomike [Construction and engineering based on BIM standards as a basis for transforming infrastructures in the digital economy]. *International journal of open information technologies*. 2017. Vol. 5. N5. 46-79 (In Russian).

5. Kuznetsova S.V. Preimushchestva primeneniya tekhnologii «tsifrovyykh dvoynikov» v zarubezhnom i otechestvennom proiz-

vodstve [Advantages of using the technology of «digital twins» in foreign and domestic production]. *Problemy ekonomiki, finansov i upravleniya proizvodstvom*. 2019. N45. 49-57 (In Russian).

6. Kkrushchev M.M., Babichev M.D. Abrasivnoe iznashivanie. [Abrasive wear] Moscow: Nauka. 1970. 252 (In Russian).

7. Myalenko V.I. Karta abrazivnogo iznosa poverkhnosti treniya pochvorezhushchey detali [The map of abrasive wear of the friction surface of the soil-cutting part]. *Trenie i iznos*. 2020. Vol. 41. N1. 128-132 (In Russian).

8. Myalenko V.I., Marinov N.A. Prostranstvennoe dinamometrirovanie rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh orudiy [Spatial dynamometry of the working elements of tillage implements]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017. Vol. 11. N5. 22-26 (In Russian).

9. Severnev M.M., Podlekarev N.N., Sokhadze V.Sh., Kitkov V.O. Iznos i korroziya sel'skokhozyaystvennykh mashin. [Wear and corrosion of agricultural machinery]. Minsk: Belaruskaya Navuka. 2011. 334 (In Russian).

10. Chichinadze A.V., Braun E.D., Bushe N.A. Osnovy tribologii (trение, iznos, smazka) [Basics of tribology (friction, wear, grease)]. Moscow: Mashinostroenie. 2001. 664 (In Russian).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 08.06.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 08.06.2020

Статья принята к публикации 25.11.2020
The paper was accepted
for publication on 25.11.2020