

УДК 631.316.22

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-27-32

ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВ МОДЕРНИЗИРОВАННЫМИ ЧИЗЕЛЬНЫМИ ОРУДИЯМИ*

Борисенко И.Б.^{1,2},
докт. техн. наук;

Новиков А.Е.^{3,4**},
докт. техн. наук;

Садовников М.А.¹,
канд. техн. наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, Университетский пр., 26, Волгоград, 400002, Российская Федерация

²Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Северный квартал, 8, с. Солёное Займище, Черноярский район, Астраханская область, 416251, Российская Федерация

³Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, ул. им. Тимирязева, 9, Волгоград, 400002, Российская Федерация

⁴Волгоградский государственный технический университет, пр. им. Ленина, 28, Волгоград, 400005, Российская Федерация, **e-mail: novikov-ae@mail.ru

К выбору способа основной обработки почвы необходимо подходить дифференцированно – с учетом как зональных почвенно-климатических условий, так и локальных особенностей полей. Чизельная обработка почвы относится к почвозащитным технологиям, а чизельные орудия обеспечивают малоэнергоёмкое, при необходимости дифференцированное по слоям рыхление почвы, накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги, что актуально в условиях засушливого климата. Разработали и создали комбинированные чизельные рабочие органы РАНЧО, РОПА, плуг-рыхлитель. Тяговые сопротивления рабочих органов изучали тензометрическим методом. Предложили унифицированное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа, учитывающее сопротивления стойки, долота, дополнительного оборудования на стойке и динамику процесса чизелевания. Определили сопротивление долота посредством давлений со стороны почвы на его плоскости. Установили, что с увеличением скорости движения машинно-тракторного агрегата от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов РОПА возрастает на 26-29 процентов, плуга-рыхлителя – 21-23, а классического лемешно-отвального – на 35 процентов, что связано с более значимым влиянием динамической составляющей при движении лемешно-отвального корпуса в ненарушенной почве. Показали, что при вспашке почвы плугом-рыхлителем в сравнении с лемешно-отвальным корпусом обеспечивается большая глубина рыхления (0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м против 0,20 м) при соизмеримых энергозатратах.

Ключевые слова: чизельные орудия, основная обработка почвы, тяговое сопротивление, долото, энергоэффективность.

■ **Для цитирования:** Борисенко И.Б., Новиков А.Е., Садовников М.А. Основная обработка почв модернизированными чизельными орудиями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 27-32.

BASIC TILLAGE BY MODERNIZED CHISEL TOOLS

Borisenko I.B.^{1,2}, Dr. Sc. (Eng.);

Novikov A.E.^{3,4**}, Dr. Sc. (Eng.);

Sadovnikov M.A.¹, Ph. D. (Eng.)

¹Volgograd State Agricultural University, Universitetskiy Avenue, 26, Volgograd, 400002, Russian Federation

²Prikaspiyskiy Research Institute of Arid Agriculture, Severnyy District, 8, Vil. Solenoe Zaimishche, Chernoyarskiy District, Astrakhan Region, 416251, Russian Federation

³All-Russia Research Institute of Irrigative Agriculture, Timiryasev St., 9, Volgograd, 400002 Russia

⁴Volgograd State Technical University, Lenin Av., 28, Volgograd, 400005, Russia, **e-mail: novikov-ae@mail.ru

The choice of the method of basic cultivation must be differentiated, considering zonal soil and climatic conditions and local peculiarities of the fields. Chisel tillage refers to soil conservation technologies, and chisel tools provide low-power and, if it is necessary, differential loosened soil, the accumulation, preservation and rational use of soil moisture that is relevant in the arid climate. The authors designed the combined chisel working implements RANCHO, ROPA, plow-cultivator. The traction resistances of the working tools were studied strain-gauge method. The unified equation of traction

*Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации

resistance chisel working was developed. The resistance of tine, chisel, additional equipment on the tine and the dynamics of the chiseling were introduced. The resistance of the chisel was determined by pressure from the soil on its surface. If the speed of machine-tractor aggregate will increase from 1 to 3 m/s then traction resistance of the working implements ROPA will rise by 26-29 percent, plow-cultivator – by 21-23 and classic mould-board plough – by 35 percent due to more significant influence of the dynamic component during moving mould-board plough in the undisturbed soil. The plowing work by the plow-cultivator in comparison with mould-board plough provides more depth of soil loosening (0.38 m when 0.15 m real tillage and 0.2 m in control variant) at comparable energy consumption.

Keywords: Chisel tools; Basic tillage; Traction resistance; Chisel; Energy efficiency.

For citation: Borisenko I.B., Novikov A.E., Sadovnikov M.A. Basic tillage by modernized chisel tools. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 5: 27-32. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-27-32. (In Russian)

Основная обработка почвы относится к важнейшим технологическим операциям любой системы земледелия, цель которой заключается в создании оптимальных условий для произрастания культурных растений. Современные почвозащитные и энергосберегающие технологии помогают решить проблемы водной эрозии, дефляции, засухи. К выбору способа основной обработки почвы и, соответственно, почвообрабатывающего орудия, определяющих эффективность этой операции, необходимо подходить дифференцировано – с учетом как в целом зональных почвенно-климатических условий, так и локальных особенностей полей (микрорзон).

Чизельная обработка почвы относится к почвозащитным технологиям [1-5]. Конструктивные особенности современных чизельных орудий обуславливают их многофункциональность и способность к трансформации. Малоэнергоемкое сохранение и рациональное использование почвенной влаги возможно вследствие дифференцированного послойного рыхления почвы (на глубину более 0,4 м) и оборота пласта [6-9].

Цель исследований – разработка многофункциональных чизельных орудий, обеспечивающих почвозащитные и ресурсосберегающие технологии основной обработки почвы в засушливых условиях Нижнего Поволжья, и изучение их энергетических (тяговых) характеристик.

Материалы и методы. В Нижневолжском агроуниверситетском комплексе созданы комбинированные чизельные рабочие органы: модульный вариант РАНЧО с прямой стойкой (рис. 1а); РОПА с односторонней лапой и криволинейной стойкой (рис. 1б); плуг-рыхлитель (рис. 1с). Макеты рабочих органов проектировали в системе «Компас – 3D». Энергетическая оценка чизелей состояла в определении их тягового сопротивления в соответствии с ГОСТ Р 52777 и ГОСТ Р 52778. Полевые опыты проводили на тяжелосуглинистых светло-каштановых почвах опытного поля УНПП «Горная поляна». Тяговое сопротивление рабочих органов изучали тензометрическим методом с исполь-

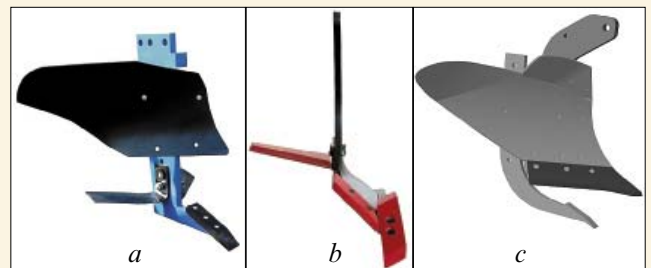


Рис. 1. Чизельные рабочие органы:

а – с прямой стойкой (РАНЧО), б – с криволинейной стойкой (РОПА), в – плуг-рыхлитель

Fig. 1. Chisel working elements:

а – with front frame (RANCHO), б – with curved frame (ROPA), в – plow-cultivator

зованием тензодатчиков, каналов связи, аналогово-цифрового преобразователя и персонального компьютера с программным обеспечением.

Результаты и обсуждение. Рабочий орган РАНЧО (рис. 1а) представляет собой модульную конструкцию, включающую прямую стойку с накладным долотом, отвал и оппозитно расположенные стрельчатые лапки с изменяемым углом атаки. В зависимости от выбранной технологии обработки почвы модули – отвал и стрельчатые лапки – могут быть демонтированы или перемещены по высоте стойки. Это позволяет настраивать орудие на глубину рыхления до 0,45 м с оборотом пласта от 0,10 до 0,25 м и выполнять до 9 различных технологических операций. При комплектации стойки тремя рядами стрельчатых лапок (отвал демонтируется) рабочий орган эффективно используется в борьбе с карантинным сорняком горчаком ползучим. При замене широкого долота (0,06 м) на узкое (0,03 м) процесс чизелевания трансформируется в шелевание [10, 11].

Рабочий орган РОПА предназначен для минимальной обработки почвы с полосным углублением (рис. 1б). В нем функционально совмещены возможности чизельной наклонной стойки и стандартного глубокорыхлителя. Криволинейная стойка имеет внутрпочвенный изгиб в сторону полевого обреза (под углом $\approx 45^\circ$) и укомплектована плоско-режущей лапкой, ножом и башмаком с накладным



долотом. Лапка так же, как и в предыдущем рабочем органе, имеет возможность дискретного перемещения по высоте стойки посредством болтового соединения и соответствующих отверстий, расположенных на стойке и лапке. Технология минимальной обработки почвы с полосным углублением обеспечивается конструктивно – соотношением между длиной горизонтальной составляющей проекции ножа и лезвия лапки на поперечно-вертикальную плоскость, которые равны, соответственно, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ междуследия. Глубину рыхления от долота регулируют в пределах 0,25-0,40 м. Односторонняя плоскорежущая лапка при максимальной глубине рыхления долота 0,40 м обеспечивает зону сплошного рыхления от 0,13 до 0,23 м, а при минимальной глубине долота 0,25 м – от 0,03 до 0,08 м.

В следующем рабочем органе предусмотрено сочетание «классического» отвального корпуса с лемехом, смонтированного на своей стойке, и чизельной криволинейной (в вертикальной плоскости) стойки (рис. 1с). Обе стойки скомпонованы между собой посредством специальной проставки; величину подпахотного рыхления почвы регулируют путем перемещения относительно друг друга в вертикальной плоскости стоек через проставку. Геометрия и местоположение модулей рабочего органа таковы, что отвальный корпус находится в зоне конуса обрушения почвы, реализуемой посредством чизельной стойки с обычным долотом. При увеличении расстояния между носком долота и лемеха в вертикально-продольной плоскости зона деформации от долота увеличивается. Благодаря этому отвальный корпус перемещается в разуплотненной (обрушенной) почве.

Многообразие конструкций чизельных рабочих органов требует разработки унифицированной математической модели тягового сопротивления. В общем виде сопротивление рабочего органа – это сумма проекций горизонтальных сил (или горизонтальных составляющих сил) на горизонтальную плоскость:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \tag{1}$$

где R_1 – сопротивление стойки;

R_2 – сопротивление долота;

R_3 – сопротивление дополнительного оборудования на стойке;

R_4 – динамическая составляющая, обусловленная скоростью V (по аналогии с составляющей силы сопротивления лемеха, выраженной В.П. Горячкиным через квадрат скорости V^2 [14]).

Чизелевание, как известно, сопровождается блокированным резанием почвы на долоте. За счет сжатия почвенного воздуха на плоскостях долота возникают эффекты вибрации и переуплотнения почвы, а сжатый воздух становится носителем потен-

циальной энергии, которая преобразуется в кинетическую энергию в виде сверхзвуковых ударных волн. Волны распространяются по плоскостям естественного откоса почвы и разуплотняют ее. Ввиду этого основная нагрузка (до 75%) ложится на долото, а дополнительное оборудование, монтируемое на чизельной стойке, движется в уже разуплотненной почве [12, 13].

Для определения сопротивления долота предлагается учитывать давление со стороны почвы на его плоскости. Схема сил, действующих на долото, показана на рисунке 2:

G – сила, приходящаяся на один рабочий орган;

$N_1 = p_1 A_1$; $N_2 = p_2 A_2$ – нормальные силы, действующие на активные плоскости долота;

$F_1 = f_1 N_1$; $F_2 = f_2 N_2$ – соответствующие им силы трения;

p_1, p_2 – силы давления со стороны почвы на активные плоскости долота: $A_1 = 0,00468 \text{ м}^2$, $A_2 = 0,0102 \text{ м}^2$ – активные площади долота (конструктивные размеры);

$f_1 = f_2 = 0,3$ – коэффициенты трения об активные плоскости долота;

R_2 – искомая сила сопротивления долота;

$F = f G$ – соответствующая ей сила трения;

$f = 0,4$ – коэффициент трения о дно борозды; $\alpha = 25^\circ$ – угол резания, $\gamma = 15^\circ$ – угол крошения (конструктивные размеры).

Сопротивление долота определяют как сумму

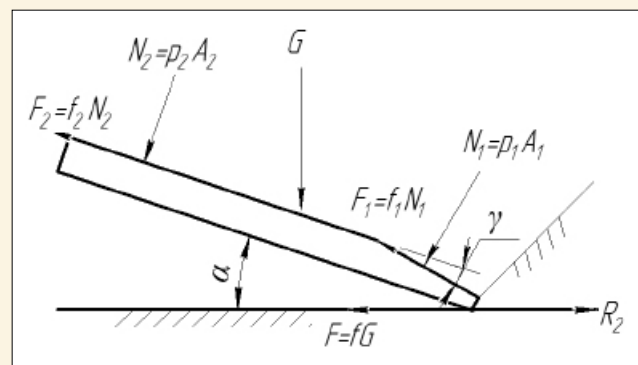


Рис. 2. Схема сил, действующих на долото
Fig. 2. Schematic diagram of forces acting on the bit

проекций горизонтальных сил или горизонтальных составляющих сил на горизонтальную плоскость:

$$R_2 = fG + N_1 \sin(\alpha + \gamma) + N_2 \sin \alpha + f_1 N_1 \cos(\alpha + \gamma) + f_2 N_2 \cos \alpha. \tag{2}$$

С учетом названных размеров и эксплуатационных показателей унифицированного долота исходное уравнение (2) можно привести к виду:

$$R_2 = 0,4G + 0,0041 \cdot p_1 + 0,0071 p_2. \tag{3}$$

В обобщенном виде сопротивление рабочего органа (без учета динамической составляющей R_4)

можно записать как:

$$R_1 + R_3 = kR_2, \quad (4)$$

где k – коэффициент, учитывающий сопротивление стойки и дополнительного оборудования. При наличии на стойке отвала – $k = 0,35$; при наличии плоскорезущих лапок – $k = 0,25$; при отсутствии отвала и лапок (учитывается только сопротивление стойки) – $k = 0,15$.

По аналогии с рациональной формулой В.П. Горячкина для лемешных плугов, в решениях, которые предложили В.В. Труфанов и другие специалисты, имеется динамическая составляющая тягового сопротивления чизельного рабочего органа [14]. В нашей интерпретации динамическая составляющая R_4 в (1) учитывается следующим образом:

$$R_4 = (K + \xi V^2) A, \quad (5)$$

где $A = 0,0143 \text{ м}^2$ – сумма активных площадей долота и стойки (при глубине чизелевания $0,35 \text{ м}$, ширине долота $0,06 \text{ м}$ и толщине стойки $0,03 \text{ м}$);

$K = 22 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ – коэффициент, характеризующий способность почвенного горизонта сопротивляться деформации;

$\xi = 158 \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности долота, свойств почвы и размеров почвенного пласта (используется как дополнительный коэффициент при квадрате скорости V^2);

V – скорость движения МТА, м/с.

Отсюда динамическая составляющая общего тягового сопротивления будет равна:

$$R_4 = 3146 + 225,94 V^2. \quad (6)$$

Подставляя в зависимость (1) выражения (3), (4) и (6), получим универсальное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа:

$$R = (1+k)(0,4G + 0,0041p_1 + 0,0071p_2) + 3146 + 225,94V^2. \quad (7)$$

Здесь p_1 и p_2 – экспериментальные данные или, с высокой долей вероятности, значения, определяемые по формуле:

$$p = mh^n, \quad (8)$$

где m – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства почвы и особенности рабочей поверхности (для минеральных почв $m = 0,01$);

h – глубина рыхления;

n – показатель степени (для минеральных и торфяных почв $n = 1,22-1,26$).

Энергетические (тяговые) характеристики изучали на рабочих органах РОПА и плуга-рыхлителя. В качестве контрольного варианта использовали традиционный рабочий орган лемешно-отвального плуга (типа ПЛН). Результаты полевых исследований по изучению тягового сопротивления приведены на рисунках 3 и 4.

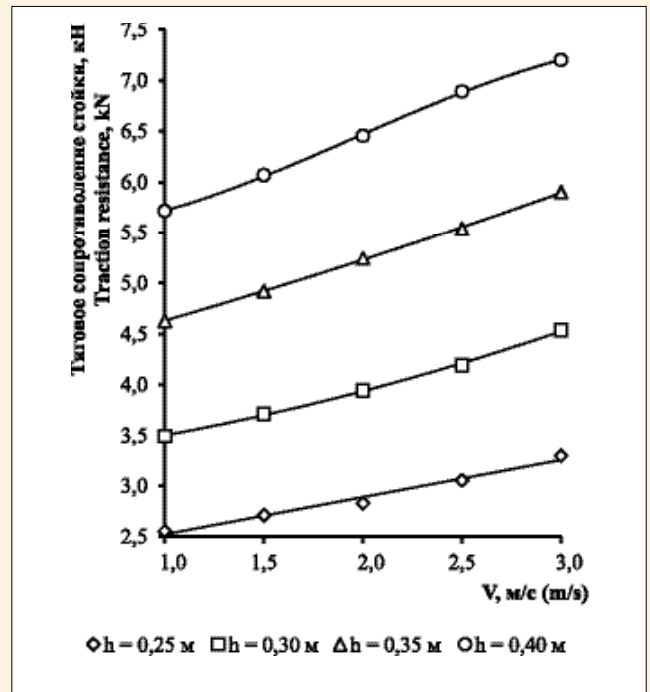


Рис. 3. Зависимость тягового сопротивления рабочего органа РОПА от глубины чизеля (односторонняя лапа в нижнем положении) и скорости обработки

Fig. 3. Traction resistance of the working element ROPE in depending on the chisel depth (one-sided hoe in the lower position) and operating speed

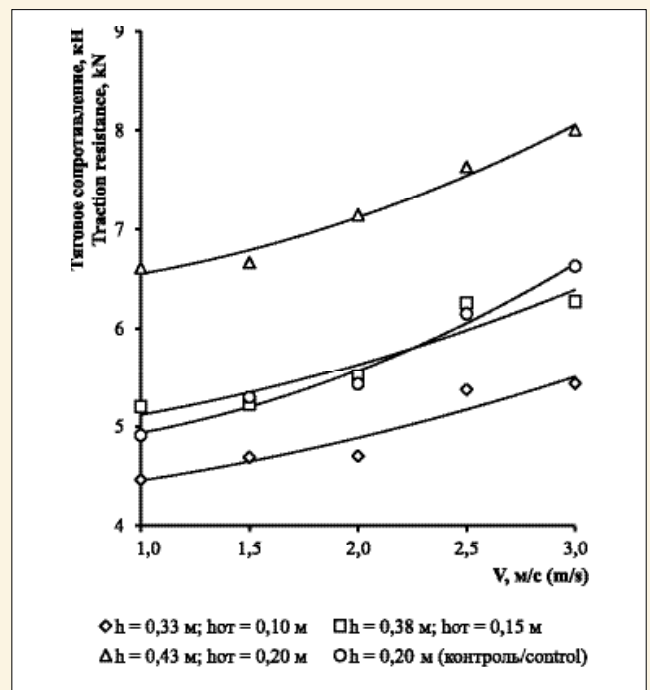


Рис. 4. Зависимость тягового сопротивления плуга-рыхлителя и традиционного лемешно-отвального корпуса типа ПЛН (контроль) от глубины и скорости обработки

Fig. 4. Traction resistance of the working element of the plow-ripper and the traditional plow-bottom body type of mounted plow (control) in depending on the depth and operating speed



Анализ экспериментальных данных показывает, что с увеличением скорости движения МТА от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов «РОПА» возрастает на 26-29%, плуга-рыхлителя – на 21-23, а традиционного лемешно-отвального – на 35% (!). Это объясняется наличием в уравнении (7) динамической составляющей. При этом интенсивный рост тягового сопротивления на контроле обусловлен тем, что отвальный корпус с лемехом движутся в ненарушенной почве, как в случае чизельных рабочих органов.

Особенно показательным сравнение тягового сопротивления плуга-рыхлителя и классического лемешно-отвального корпуса. При глубине рыхления чизелем на 0,33 м с оборотом пласта на 0,1 м тяговое сопротивление R изменяется от 4464,8 до 5431,5 Н, что ниже аналогичного показателя на контроле (при глубине обработки 0,2 м) на 10-18%, или на 446,3 и 1197,8 Н соответственно. С увеличением глубины чизелевания до 0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м значения R сравниваемых рабочих органов практически выравниваются. Преимущество по энергетике лемешно-отвального рабочего органа в сравнении с разработанным плугом-рыхлителем фиксируется лишь при более чем двукратном увеличении глубины рыхления и соизмеримой в обоих вариантах глубиной оборота почвенного пласта.

Выводы

1. Чизельные орудия с рабочими органами РАНЧО, РОПА и плугом-рыхлителем обеспечивают малоэнергоемкое чизелевание с требуемым ка-

чеством рыхления почвы по слоям и возможностью оборота пласта, что актуально при дифференцированном подходе выбора технологического процесса обработки.

2. При чизелевании происходит блокированное резание почвы на долоте. Сжатие почвенного воздуха на плоскостях долота провоцирует возникновение колебательных процессов. Сжатый воздух становится носителем потенциальной энергии, преобразующейся в кинетическую в виде сверхзвуковых ударных волн, распространяющихся по плоскостям естественного откоса почвы, что и обуславливает энергоэффективность процесса.

3. Разработано унифицированное уравнение тягового сопротивления чизельного рабочего органа, включающее сопротивление стойки, сопротивление долота, сопротивление дополнительного оборудования на стойке и динамику процесса чизелевания; сопротивление долота учитывает давление со стороны почвы на его плоскости.

4. С увеличением скорости движения МТА от 1 до 3 м/с тяговое сопротивление рабочих органов РОПА возрастает на 26-29%, плуга-рыхлителя – на 21-23%, а классического лемешно-отвального плуга – на 35%, что связано с более значимым влиянием динамической составляющей при движении лемеха в ненарушенной почве.

5. При вспашке почвы плугом-рыхлителем в сравнении с «традиционным» лемешно-отвальным корпусом обеспечивается большая глубина рыхления (0,38 м с оборотом пласта на 0,15 м против 0,20 м) при соизмеримых энергозатратах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы. М.: Агропромиздат, 1989. 142 с.
2. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влаеоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. ВНИМС. Рязань, 2014. 246 с.
3. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс, 2008. 266 с.
4. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительно-го рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N5. С. 17-23.
5. Борисенко И.Б., Доценко А.Е., Борисенко П.И. и др. Чизелевание почвы: перспективные орудия и способы возделывания ширококорядных пропашных культур // Аграрный научный журнал. 2015. N7. С. 41-45.
6. Пат. N148330 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Кондаков С.Ю., Борисенко И.Б., Новиков А.Е. 2014.
7. Пат. N2489826 РФ. Почвообрабатывающее орудие / Кияев В.Н., Махнов Ю.В., Овчинников А.С. и др. 2013.
8. Пат. N2502250 РФ. Плуг рыхлитель / Овчинников А.С., Плескачев Ю.Н., Доценко А.Е. и др. 2013.
9. Пындак В.И., Новиков А.Е. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N4. С. 15-17.
10. Пат. N2444878 РФ. Способ борьбы с карантинным сорняком горчаком ползучим и устройство для его осуществления. Борисенко И.Б., Иванченко Т.В. 2012.
11. Pyndak V.I., Novikov A.E. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil. Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2014. Vol. 43;6:532-536.
12. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостой-

кости рабочих органов почвообрабатывающей техники Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2012. №3. С. 5-7.

13. Севернев М.М., Каплун Г.П., Короткевич В.А. и др. Износ деталей сельскохозяйственных машин. Л.: Ко-

лос. 1972. 288 с.

14. Горячкин В.П. Рациональная формула силы тяги плугов конных и транспортных. Собр. соч. в 3х томах. Т. 3. М.: Колос, 1965. С. 68-114.

REFERENCES

1. Trufanov V.V. Glubokoe chizelevanie pochvy [Deep soil chiseling]. Moscow: Agropromizdat, 1989: 142. (In Russian)

2. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vlogoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 246. (In Russian)

3. Panov I.M., Vetokhin V.I. Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv [Basic physics of mechanics of soils]. Kiev: Feniks, 2008: 266. (In Russian)

4. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I. Theoretical and technological aspects of ripper working tools operation. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 17-23. (In Russian)

5. Borisenko I.B., Dotsenko A.E., Borisenko P.I., et al. Chisel plowing: perspective implements and methods of cultivation widerow tilled crops. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2015; 7: 41-45. (In Russian)

6. Pat. N148330 RF. The tool of tillage implement. Kondakov S.Yu., Borisenko I.B., Novikov A.E. 2014. (In Russian)

7. Pat. N2489826 RF. Tillage implemen. Kiyayev V.N., Makhnov Yu.V., Ovchinnikov A.S. i dr. 2013. (In Russian)

8. Pat. N2502250 RF. Noninversing plow. Ovchinnikov A.S., Pleskachev Yu.N., Dotsenko A.E. i dr. 2013. (In Russian)

9. Pyndak V.I., Novikov A.E. Agrotechnical soil reclamation in arid conditions of the Lower Volga Region. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013. N4. С. 15-17. (In Russian)

10. Pat. N2444878 RF. Method for quarantine weed *Rhaponticum repens* control and appliance for its implementation. Borisenko I.B., Ivanchenko T.V. 2012. (In Russian)

11. Pyndak V.I., Novikov A.E. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2014. Vol. 43; 6: 532-536. (In English)

12. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshchenkov V.K. Scientific principles of increasing the wear resistance of tillage working tools. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012; 3. 29-31. (In Russian)

13. Severnev M.M., Kaplun G.P., Korotkevich V.A., et al. Izнос detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin [Agricultural machines components wear]. Leningrad: Kolos, 1972: 288. (In Russian)

14. Goryachkin V.P. Ratsional'naya formula sily tyagi plugov konnykh i transportnykh [Rational formula for traction power of horse and transport plows]. Vol. 3. Moscow: Kolos, 1965: 68-114. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

