

На правах рукописи



Борисенко Павел Иванович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ЧИЗЕЛЕВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА
ДЛЯ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
С ПОЛОСНЫМ УГЛУБЛЕНИЕМ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Автореферат

на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Научный руководитель:	Шапров Михаил Николаевич , доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Старцев Сергей Викторович доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», кафедра «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», профессор
	Несмиян Андрей Юрьевич кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ, кафедра «Технологии и средства механизации агропромышленного комплекса», доцент
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» (ФГБНУ ВИМ)

Защита состоится «__» ноября 2016 г. в 10 ч. 15 мин. на заседании диссертационного совета Д 220.008.02 при ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» по адресу 400002, г Волгоград, пр-т Университетский, 26, зал заседаний диссертационного совета, 303 Д.

С диссертационной работой можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» и на официальном интернет-сайте Волгоградского ГАУ <http://www/volgau.com/>.

Автореферат разослан «__» _____ 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Седов Алексей Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время уделяется особое внимание повышению эффективности и рентабельности сельскохозяйственного производства, а это в свою очередь требует внедрения новых научно обоснованных технологий возделывания культур, высокопроизводительной, универсальной техники, дающих возможность сбережения энергетических и биологических ресурсов.

Важнейшим технологическим процессом в земледелии для создания наилучших условий роста и развития культурных растений является механическая обработка почвы. Она оказывает благоприятное воздействие на биологические, биохимические и физико-механические процессы, происходящие в почве, улучшает ее тепловоздушный и питательный режимы. Одной из наиболее энергонасыщенных и технологически ответственных операций при возделывании сельскохозяйственных культур, влияющей на их продуктивность, является осенняя основная обработка почвы. В настоящее время для основной обработки почвы широко используются чизели. Данные рабочие органы в процессе рыхления обрабатываемого слоя разрушают уплотненные слои в нижних горизонтах, увеличивая мощность корнеобитаемого слоя, улучшают тепловой, воздушный и водный режимы почвы, способствуют повышению биологической активности обрабатываемого слоя и увеличению урожайности.

В связи с этим предлагаемая работа, направленная на повышение эксплуатационно-технологических и экономических показателей работы чизельных орудий, является актуальной и имеет большое значение для развития сельского хозяйства страны.

Степень разработанности темы. Вопросами совершенствования технологического процесса глубокой обработки почвы и обоснования параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин занимались В.В. Бледных, В.М. Бойков, И.Б. Борисенко, П.М. Василенко, В.И. Ветохин, В.П. Горячкин, И.И. Гуреев, В.А. Желиговский, В.Е. Ковтунов, А.С. Кушнарев, Н.В. Кроснощекоев, С.Г. Муда-

рисов, И.М. Панов, В.И. Пындак, Р.С. Рахимов, В.Б. Рыков, Д.Н. Саакян, В.А. Сакун, Г.Н. Синеоков, А.П. Спирин, С.В. Старцев, В.В. Труфанов и другие. Однако технологические процессы и конструктивные параметры применяемых рабочих органов и орудий основной обработки почвы остаются несовершенными. Проблема требует дальнейшей проработки и, в первую очередь, требуется дополнительный поиск оптимальных технологических и технических решений.

Цель работы - повышение эксплуатационно-технологических показателей почвообрабатывающего агрегата за счет оптимизации технологического процесса чизелевания и параметров рабочего органа минимальной обработки с полосным углублением.

Задачи исследования:

- провести анализ применяемых технологий чизельной обработки почвы в условиях Волгоградской области и обосновать конструктивно – технологическую схему рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением;

- получить теоретические и экспериментальные зависимости, раскрывающие взаимосвязь параметров исследуемого рабочего органа с минимизацией технологического процесса чизелевания почвы;

- провести лабораторно-полевые исследования технологического процесса чизелевания рабочими органами минимальной обработки почвы с полосным углублением;

- определить эффективность применения чизельного рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением.

Научная новизна - получены закономерности, раскрывающие влияние параметров разработанного рабочего органа на энергетические и технологические показатели процесса минимальной обработки почвы с полосным углублением.

Новизна технического решения защищена патентами РФ на изобретение №2489826 и патентом на полезную модель №154634.

Теоретическая и практическая значимость работы. Обоснованы технологический процесс чизелевания и конструктивная схема рабочего органа для ми-

нимальной обработки почвы с полосным углублением, получены аналитические и эмпирические выражения определяющие основные его параметры и эксплуатационно-технологические показатели почвообрабатывающего агрегата.

По результатам исследований разработана техническая документация на орудие минимальной полосной обработки ОМПО-5,6, производство которого освоено на электромеханическом заводе ОАО «ВЭМЗ» (г. Волгоград). На Северо-Кавказской государственной зональной МИС проведены ведомственные испытания орудия (протокол приемочных испытаний №11-42-13 (1010092)).

Изготовлены модернизированные рабочие органы почвообрабатывающего агрегата «РОПА», устанавливаемые на серийные рамы плугов. Агрегаты с рабочими органами «РОПА» прошли производственные испытания на полях УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ и ФБГНУ ПНИИАЗ.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке конструкции и определении параметров чизельных почвообрабатывающих орудий и их рабочих органов.

Методология и методы исследования направлены на определение закономерностей влияния параметров рабочего органа и орудия минимальной обработки с полосным углублением на энергетические и технологические показатели процесса обрабатываемой среды.

Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений, законов и методов классической механики и математического анализа. Экспериментальные исследования проводились в полевых условиях на основе общепринятых методик в соответствии со стандартами организации СТО АИСТ и действующими ГОСТами, а также с использованием теории планирования факторного эксперимента. Основные расчеты и обработка результатов экспериментов выполнялись на ПК в среде Excel и с использованием программ для обработки данных методами математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованный технологический процесс чизелевания и конструктивная схема рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углуб-

лением;

- зависимости, раскрывающие взаимосвязь параметров исследуемого рабочего органа с минимизацией технологического процесса чизелевания почвы;

- результаты лабораторно-полевых исследований технологического процесса чизелевания рабочими органами минимальной обработки почвы с полосным углублением;

- расчеты эффективности применения рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждены результатами как нашими, так и независимыми исследованиями рабочих органов «РОПА» и орудия ОМПО-5,6 в условиях УНПЦ «Горная Поляна», ФБГНУ ПНИИАЗ, ФГБУ «Северо-Кавказская МИС» и эксплуатации в хозяйствах Волгоградской области.

Основные положения работы представлены и одобрены на Международных научно-технических конференциях Волгоградского ГАУ (2013-2015гг.), ФБГНУ ПНИИАЗ (2013г), X Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кіровоград: КНТУ, 2015г.

Исследуемые рабочие органы и орудие ОМПО-5,6 экспонировались и участвовали на выставках: Золотая Осень 2013-2014гг (дипломы и золотые медали); на 23-й Международной специализированной выставке БЕЛАГРО -2013, г. Минск (диплом и благодарственное письмо ректору); Золотая Нива 2015, г. Усть-Лабинск (диплом); XXIV÷XXV специализированные выставки «Агропромышленный комплекс» г. Волгоград (дипломы и золотые медали).

По результатам исследований опубликовано 19 печатных работ, в том числе 4 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получено 4 патента на изобретение РФ (№№ 2335870, 2362286, 2426288, 2489826) и 2 патента на полезную модель РФ (№№ 154634 и 143492). Общий объем публикаций 4,0 печ. л., из которых соискателю принадлежит 1,6 печ. л.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы-

ры и приложений. Работа изложена на 190 страницах машинописного текста, из них 153 страницы основного текста, содержит 21 таблицу, 98 иллюстраций и 9 приложений на 36 страницах. Список литературы включает 135 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования»** проводится анализ целесообразности чизелевания почвы в условиях Волгоградской области, изложены агротехнические подходы при проектировании почвообрабатывающих рабочих органов и орудий с учетом ресурсосбережения. Дана классификация чизельных рабочих органов.

В засушливых условиях, с целью ресурсосбережения, следует формировать сплошной слой почвы с минимальной глубиной обработки для благоприятного произрастания культурных растений и чередующиеся почвоуглубления для влагонакопления осенне-зимних и ливневых осадков. На основе анализа технологий, выполняемых чизельными орудиями ПЧС-10-40, ОЧО-10-40 и ПРГ-5,4, усовершенствован технологический процесс минимальной обработки с полосным углублением. Разработан рабочий орган (патент РФ №2489826), совмещающий на



Рисунок 1 - Рабочий орган «РОПА»

единой стойке с внутрпочвенным гибом под углом 45 градусов чизель и горизонтальный нож перемещаемый по высоте, что позволяет регулировать зону сплошной обработки независимо от глубины чизелевания (рисунок 1). При длине горизонтальной составляющейгиба на поперечно-вертикальную плоскость равной $\frac{1}{4}$, и длине горизонтальной составляющей проекции лезвия ножа на эту же плоскость равной $\frac{1}{2}$ расстояния между стойками, позволяет снизить количество рабочих органов в два раза.

Исследования технологического процесса рыхления рабочим органом «РОПА» показали, что основная деформация почвы происходит от долота. Наклонная

и вертикальные части стойки движутся во взрыхленном долотом слое. Горизонтальный нож подрезает внутрипочвенные гребни и перемещается в слое с различным соотношением нарушенной и ненарушенной структуры почвы, что зависит от глубины его работы. Рассмотрены возможные технологические процессы основной обработки почвы, выполняемые предлагаемым рабочим органом «РО-ПА» как для сплошного сева, так и пропашных культур.

В соответствии с актуальностью, технологическим и техническим значением изучаемой проблемы для развития сельского хозяйства страны сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе «Теоретические подходы по обоснованию конструкции рабочего органа орудия минимальной обработки с полосным углублением» приведено обоснование конструктивно-технологической схемы предлагаемого рабочего органа и орудия. Аналитически определены основные эксплуатационно-энергетические показатели изучаемого рабочего органа.

Согласно проведенным исследованиям, отличительной особенностью технологии рыхления почвы чизельными рабочими органами является наличие внутрипочвенных гребней.

Высота внутрипочвенного гребня h_2 и соответственно его площадь зависят от междуседия M и глубины рыхления h_p (рисунок 2). При $h_2 < h_p$ образуется зона сплошного рыхления, величина которой равна их разности, т.е. $h_{cp} = h_p - h_2$. Если $h_2 > h_p$, то происходит выход внутрипочвенного гребня и образуется зона необработанной поверхности почвы (полосная обработка).

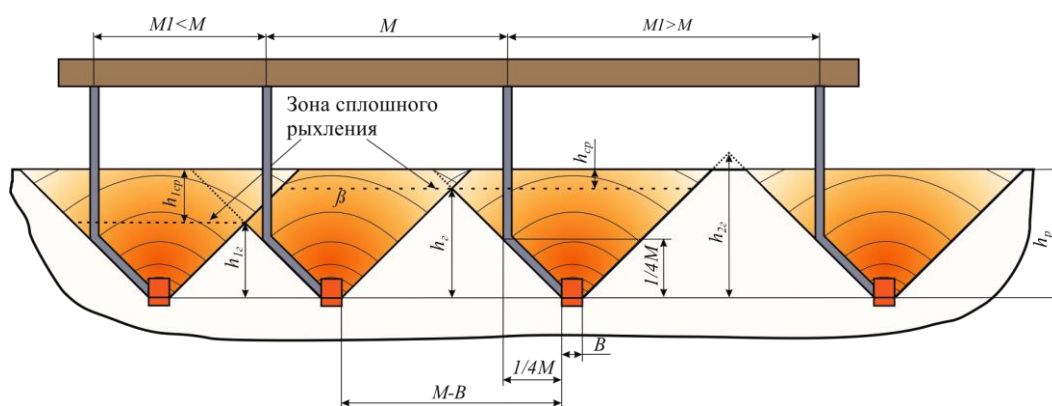


Рисунок 2 - Влияние ширины междуседия рабочих органов на зону сплошной обработки

Обозначим отношение $h_z/h_p = K_2$ – коэффициент выхода внутрпочвенного гребня.

Получены выражения (1) и (2), определяющие площади внутрпочвенных гребней F_2 и рыхления F_4 , справедливые для $K_2 < 1$, т.е.

$$F_{г(K_2 < 1)} = n \frac{(M-B)^2}{4}; \quad (1)$$

$$F_{ч(K_2 < 1)} = n(h_p M - \frac{(M-B)^2}{4}). \quad (2)$$

При $K_2 > 1$ происходит выход внутрпочвенного гребня, образуя полосы необработанной почвы. Для данного условия площадь внутрпочвенного гребня и чизелевания соответственно будут равны:

$$F_{г(K_2 > 1)} = h_p(M - B - h_p); \quad (3)$$

$$F_{ч(K_2 > 1)} = nh_p(B + h_p). \quad (4)$$

На рисунке 3 показаны значения коэффициента выхода внутрпочвенного гребня в зависимости от глубины рыхления почвы долотом шириной 0,06м при различной ширине междуследия.

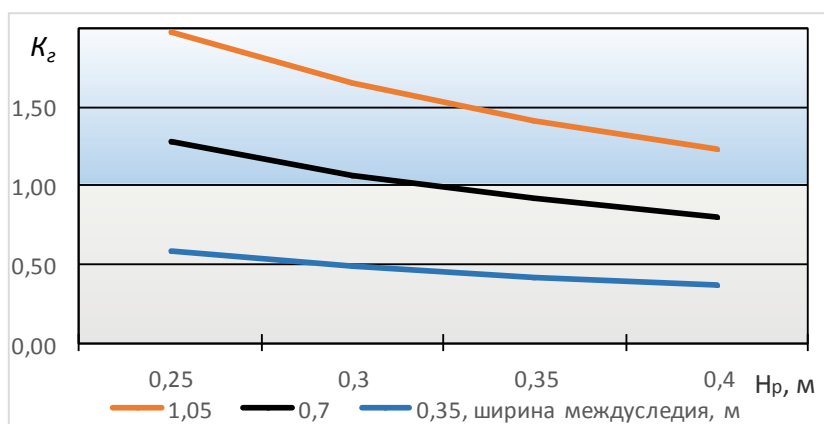


Рисунок 3 - Влияние глубины обработки почвы на коэффициент выхода внутрпочвенного гребня с учетом ширины междуследия рабочих органов

На рисунке 4 показана схема технологического

процесса рыхления и размерно-конструктивные особенности рабочего органа «РОПА». Технологическая особенность исследуемого рабочего органа заключается в возможности регулирования зоны сплошного рыхления независимо от глубины чизелевания.

Площадь чизелевания для рабочего органа «РОПА» определяется выражением:

$$F_{чл} = nh_p M - nh_l(M - B - h_l). \quad (5)$$

Учитывая универсальную рациональную формулу В.П. Горячкина, формула тягового сопротивления орудия с рабочими органами «РОПА» имеет вид

$$P = fG + n(k + \epsilon v^2) \{ h_p M - h_{л} (M - B - h_{л}) \} . \quad (6)$$

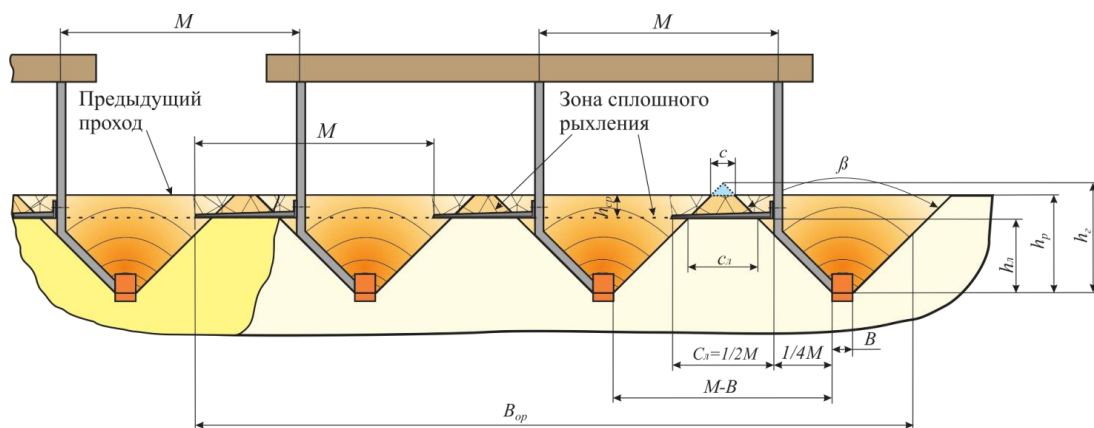


Рисунок 4 - Технологическая схема рыхление почвы, при $K_2 > 1$

На рисунке 5 показан обобщённый график зависимости тягового сопротивления орудия ОМПО-5,6 от глубины рыхления чизеля: при постоянной глубине

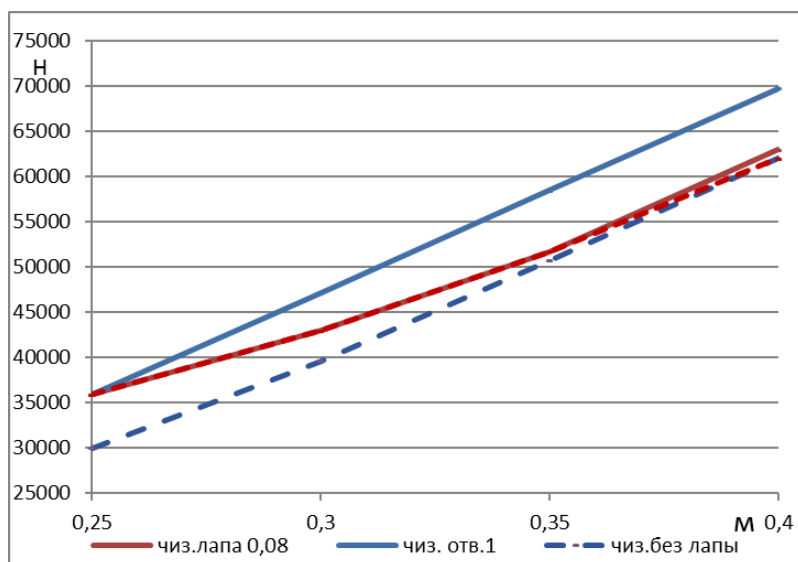


Рисунок 5 – Зависимость тягового сопротивления орудия ОМПО-5,6 от глубины обработки при $V=2\text{м/с}$

Поддержание постоянной зоны сплошного рыхления при увеличении глубины обработки снижает интенсивность увеличения тягового сопротивления орудия. Установка минимально-достаточной глубины зоны сплошного рыхления (при учете отзывчивости растений на глубину полосного рыхления) позволит оптимизировать энергозатраты на основную обработку почвы.

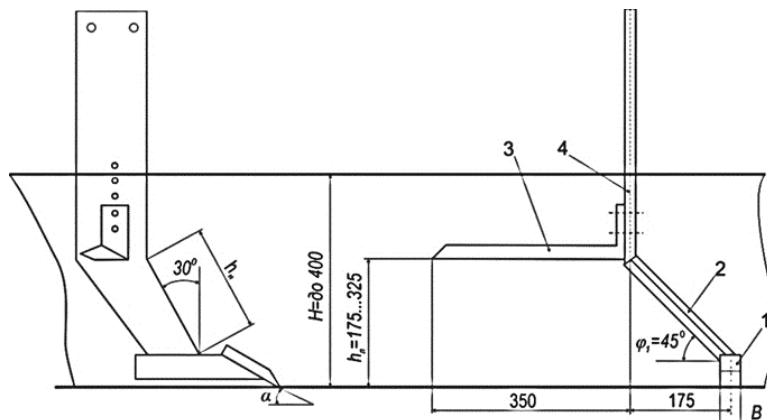
На рисунке 6 приведена расчётная схема для определения тягового сопротивления рабочего органа «РОПА». При равномерном рабочем движении тяговое сопротивление рабочего органа P равно сумме тяговых сопротивлений его со-

ножа (0,08м); при совместном изменении глубины чизеля с ножом (нож закреплен в нижнем положении); на стойках «РОПА» сняты ножи. Из рисунка видно, что наибольшую интенсивность приращения тягового сопротивления от глубины обработки имеет орудие с установленными ножами в нижнем положении.

ставляющих, что можно представить в виде четырех слагающих:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (7)$$

где P_1 – сила, действующая на долото 1 рабочего органа; P_2 – сила на наклонный нож 2; P_3 – сила на горизонтальный нож 3; P_4 – сила на вертикальную часть стойки 4.



1 – долото; 2 – наклонный нож; 3 – горизонтальный нож; 4 – вертикальная стойка

Рисунок 6 – Конструктивно-расчётная схема рабочего органа «РОПА»

Исследование тягового сопротивления комбинированного рабочего органа основано на анализе уравнений движения частиц почвы по наклонной поверхности трехгранного клина, в основу которых положена теория В. П. Горячкина.

Сила тягового сопротивления, исследуемого основного рабочего органа в зависимости

от значения коэффициента K_2 определяется формулами:

при $K_2 < 1$

$$P_ч = fG + n(k + \varepsilon v^2) \left(h_p M - \frac{(M-B)^2}{4} \right), \quad (8)$$

при $K_2 > 1$,

$$P_ч = fG + n h_p (k + \varepsilon v^2) (B + h_p). \quad (9)$$

Так как наклонная часть стойки снабжена накладным ножом, то сила F_n , действующая на нож и воспринимаемая стойкой, является силой резания почвы.

Силы трения почвы по плоскостям наклонных включён в силы резания.

При резании почвы действующую на накладной нож силу можно определить следующим образом:

$$R_n = (K_n K_w K_\delta P_T h_n^2) / \operatorname{tg} \theta, \quad (10)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий остроту ножа; K_w – коэффициент, учитывающий влажность (w) почвы; K_δ – коэффициент удлинения почвы при резании; P_T – средняя твёрдость почвы в горизонтах резания, МПа; $\theta \approx 20^\circ$ – угол заострения ножа в нормальном сечении; h_n – длина ножа.

$$h_n = h_n' / \cos \varphi_1, \quad (11)$$

где φ_1 – угол наклона стойки с накладным ножом ($\varphi_1 = 45^\circ$).

При движении исследуемого рабочего органа на вертикальную часть стойки будут действовать силы от взрыхленной долотом почвы, которые можно определить следующим образом:

$$R_c = N_c + 2f_{\delta}R_{\delta c} \quad (12)$$

где N_c – сопротивление передвижению вертикальной части стойки (равнодействующая от неравномерно распределённой нагрузки, приложенной на расстоянии примерно $0,3h_c$ – глубины линиигиба стойки); $R_{\delta c}$ – силы давления со стороны почвы на боковые плоскости стойки; $f_{\delta}R_{\delta c}$ – соответствующие им силы трения.

С учетом изучения экспериментальных данных можно утверждать, что доля силы R_c в суммарном сопротивлении орудия составляет не более 10% при максимальном заглублении чизеля на 0,4м (h_c в этом случае составляет 0,23м). При минимальной глубине чизелевания на $H=0,25м$ ($h_c=0,08м$), доля силы R_c в суммарном сопротивлении орудия составляет не более 5%. Так как составляющие R_c (N_c и $2f_{\delta}$) незначительные, силу R_c можно оценивать упрощенной зависимостью:

$$R_c = (0,05 \dots 0,1)P = P_4. \quad (13)$$

Геометрия рабочего органа такова, что при нижнем положении горизонтального ножа происходит максимальное подрезание вершины внутрипочвенного гребня, причем середина ножа совпадает с медианой внутрипочвенного гребня.

При поднятии ножа величина рабочей зоны подрезаемой вершины уменьшается (рисунок 4). Нагрузка на горизонтальный нож зависит от приходящейся на ширину его захвата доли нарушенной и ненарушенной структуры почвы.

Общее тяговое сопротивление горизонтального ножа с учетом изменения расположения ножа по высоте, изменения свойств почвы, взрыхленной от долота ($\rho^{нд}, f^{нд}, q_{нд}$), относительно свойств почвы до обработки ($\rho^{нн}, f^{нн}, q_{нн}$) и скорости движения агрегата, определяется по зависимости:

$$P_3 = h_{гн} \cdot (b_{гн} + b + 2h_{гн} - M) \cdot b_{гн} \cdot \rho^{нд} \cdot \frac{\sin \beta_{гн} \cdot \sin \gamma_{гн} + f^{нд}(\cos^2 \gamma_{гн} + \sin^2 \gamma_{гн} \cdot \cos \beta_{гн})}{\cos \beta_{гн} - f^{нд} \cdot \sin \gamma_{гн} \cdot \sin \beta_{гн}} + h_{гн} \cdot (b_{гн} + b + 2h_{гн} - M) \cdot \rho^{нд} \cdot V_m^2 \cdot \cos \frac{\beta_{гн}}{2} \cdot \frac{\sin \beta_{гн} \cdot \sin \gamma_{гн} + f^{нд}(\cos^2 \gamma_{гн} + \sin^2 \gamma_{гн} \cdot \cos \beta_{гн})}{g \cdot (\cos \beta_{гн} - f^{нд} \cdot \sin \gamma_{гн} \cdot \sin \beta_{гн})}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{2} \cdot q_{\text{нд}} \cdot (b_{\text{гн}} + b + 2h_{\text{гн}} - M)^2 \cdot h_{\text{зк}} \cdot (f \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{гн}} + 1) \\
& + h_{\text{гн}} \cdot \{(M - B) - 2h_{\text{гн}}\} \cdot b_{\text{гн}} \cdot \rho^{\text{нн}} \\
& \cdot \frac{\sin \beta_{\text{гн}} \cdot \sin \gamma_{\text{гн}} + f^{\text{нн}} (\cos^2 \gamma_{\text{гн}} + \sin^2 \gamma_{\text{гн}} \cdot \cos \beta_{\text{гн}})}{\cos \beta_{\text{гн}} - f^{\text{нн}} \cdot \sin \gamma_{\text{гн}} \cdot \sin \beta_{\text{гн}}} \\
& + h_{\text{гн}} \cdot \{(M - B) - 2h_{\text{гн}}\} \cdot \rho^{\text{нн}} \cdot V_{\text{м}}^2 \cdot \cos \frac{\beta_{\text{гн}}}{2} \\
& \cdot \frac{\sin \beta_{\text{гн}} \cdot \sin \gamma_{\text{гн}} + f^{\text{нн}} (\cos^2 \gamma_{\text{гн}} + \sin^2 \gamma_{\text{гн}} \cdot \cos \beta_{\text{гн}})}{g \cdot (\cos \beta_{\text{гн}} - f^{\text{нн}} \cdot \sin \gamma_{\text{гн}} \cdot \sin \beta_{\text{гн}})} \\
& + \frac{1}{2} \cdot q_{\text{нн}} \cdot \{(M - B) - 2h_{\text{гн}}\}^2 \cdot h_{\text{зк}} \cdot (f \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{гн}} + 1). \tag{14}
\end{aligned}$$

На рисунках 7 и 8 показано влияние скорости движения МТА на интенсивность изменения сопротивления горизонтального ножа с учетом его расположения относительно долота и глубины его работы.

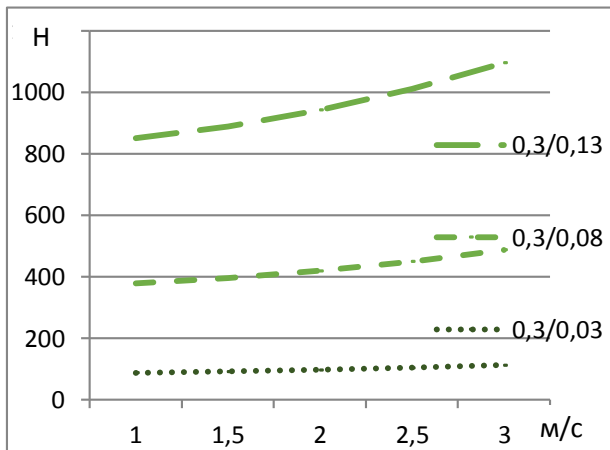


Рисунок 7 – Зависимость сопротивления горизонтального ножа от скорости движения МТА с учетом его расположения при постоянной глубине чизеля

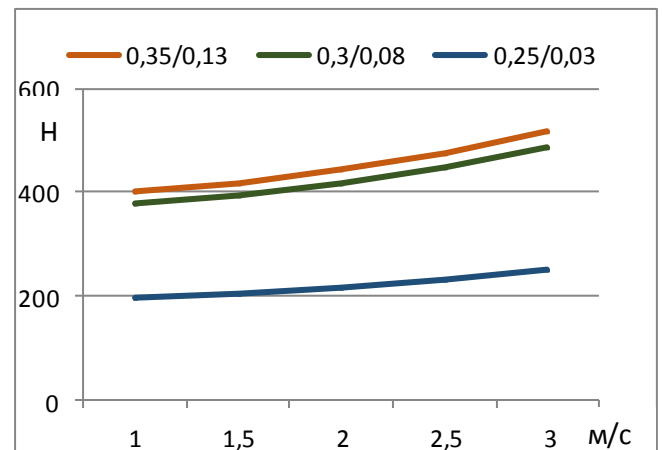


Рисунок 8 - Зависимость сопротивления горизонтального ножа от скорости МТА при различных настройках глубин чизеля и ножа (чизель/нож)

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» изложены программа, общая и частная методики с описанием применяемого оборудования и условий при проведении лабораторно-полевых исследований. Программой полевых исследований предусматривалось определение влияния компоновочной схемы орудия на технологию минимальной обработки почвы с полосным углублением и проверка работоспособности исследуемых рабочих органов «РОПА» в различных почвенно-климатических зонах.

В четвертой главе «Анализ результатов исследований» приведены резуль-

таты сравнительных и лабораторно-полевых исследований, по выявлению закономерностей изменения энергетических и агротехнических показателей работы рабочего органа «РОПА», устанавливаемого как на серийные рамы плугов, так и специально разработанную раму орудия ОМПО-5,6.

По результатам эксперимента построены графики влияния глубины обработки

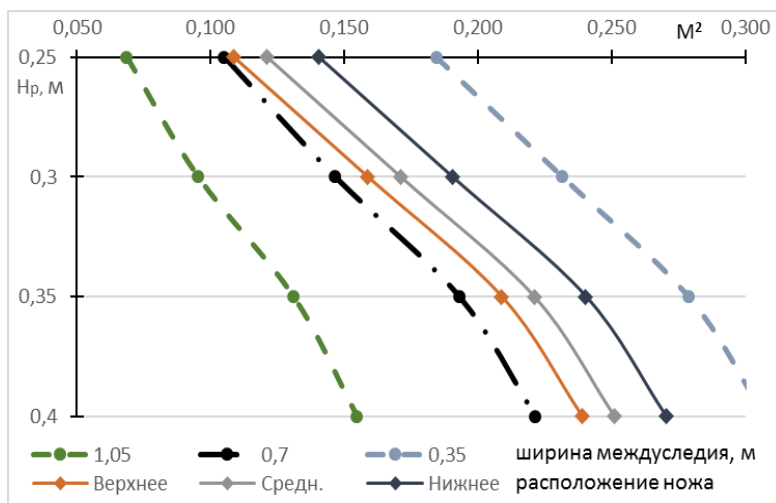


Рисунок 9 – Зависимость площади рыхления, приведенная на 1 метр ширины захвата, от глубины обработки с учетом расположения горизонтального ножа и ширины междуследия

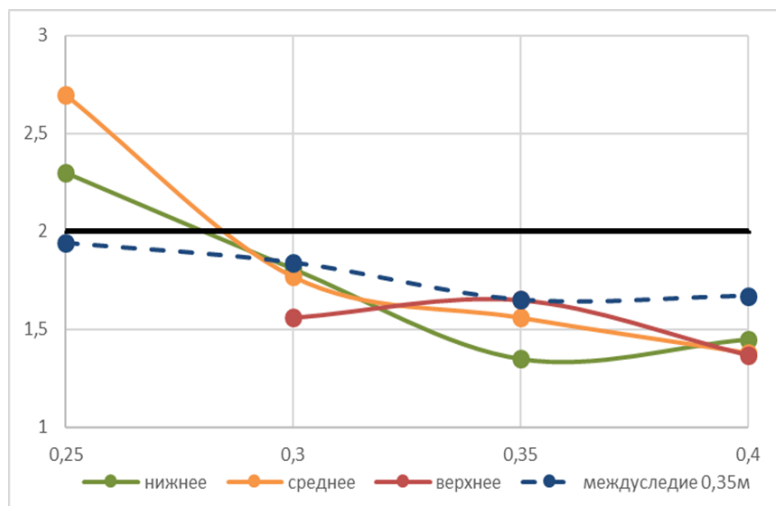


Рисунок 10 - Влияние глубины обработки на её стандартное отклонение с учетом места крепления горизонтального ножа

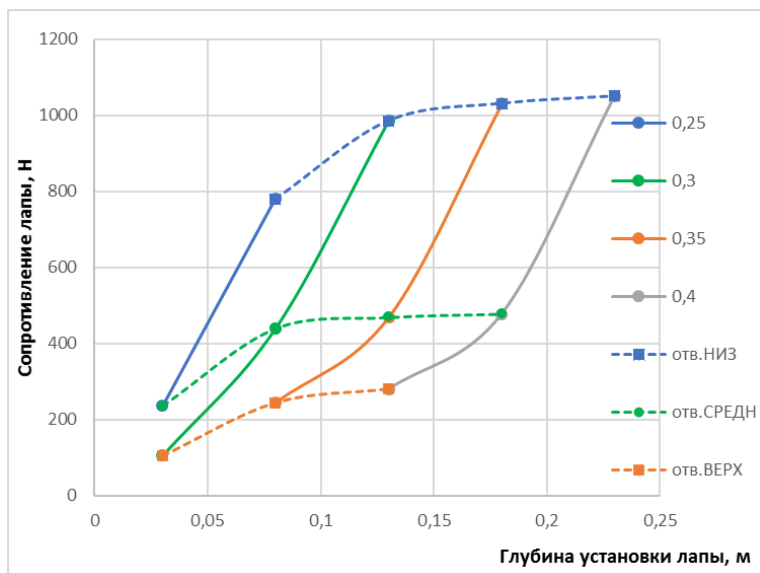
клонения соответствовало допускаемым показателям. Поэтому при минимальной глубине обработки горизонтальный нож необходимо устанавливать в нижнее положение.

на площадь рыхления приведенная на 1 метр ширины захвата с учетом расположения горизонтального ножа и величины междуследия рабочего органами «РОПА» (рисунок 9). Полученные зависимости были сравнены с расчетными данными и показали высокую идентичность (6-9%).

Испытания показали (рисунок 10), что при установке горизонтального ножа в среднее положение и минимальной глубине рыхления (0,25 м), величина стандартного отклонения глубины обработки почвы несколько превышена и не отвечает требованиям СТО АИСТ 4.6. При снятии горизонтального ножа, увеличении глубины его установки или глубины чизелевания значение стандартного от-

На рисунке 11 показана зависимость сопротивления горизонтального ножа от глубины рыхления. Сплошными линиями выделена глубина чизелевания (0,25, 0,3, 0,35 и 0,4м), а пунктирными - положение горизонтального ножа по отверстиям на стойке (нижнее, среднее и верхнее).

Полученные экспериментальные данные и расчеты подтвердили, что



наибольшее тяговое сопротивление возникает при креплении горизонтального ножа в нижнем положении. Увеличение нагрузки на ноже (при постоянной его глубине) происходит при уменьшении глубины чизелевания, что обусловлено характером резания: происходит увеличение неразрушенного пласта почвы.

Рисунок 11 - Зависимость сопротивления горизонтального ножа от глубины рыхления с учетом места крепления на стойке (V=2м/с)

На рисунке 12 представле-

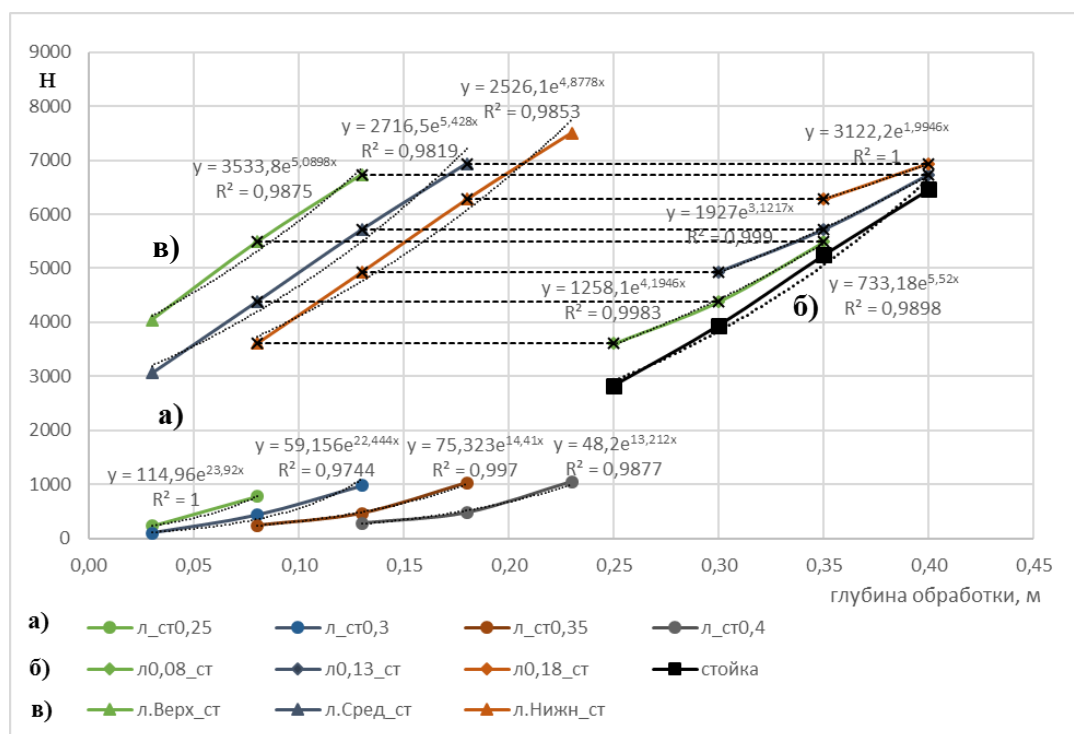


Рисунок 12 – Зависимость тягового сопротивление рабочего органа «РОПА» от глубины обработки почвы с разложением по его элементам (при V=2м/с)

ны графики зависимости глубины обработки почвы на тяговое сопротивление рабочего органа «РОПА» с разложением по его элементам при скорости МТА 2м/с: а) нагрузка на ноже при его перемещении вдоль стойки рыхлящая на соответствующей глубине; б) нагрузка на рабочем органе при изменении глубины рыхления чизеля; в) нагрузка на рабочем органе «РОПА» при изменении глубины рыхления горизонтального ножа.

В пятой главе «Исследование эффективности использования почвообрабатывающего орудия минимальной обработки с полосным углублением» представлены технический и энергетический анализ серийно выпускаемых чизельных плугов на предприятиях ЮФО, результаты расчета технико-экономической эффективности производства ячменя Прерия при различных технологиях основной обработки почвы относительно применения разработанных рабочих органов.

Расчеты показали (рисунок 13), что общие технические затраты для агрегата К-744Р1+ОМПО-5,6 составили 544,84 руб/га, К-744Р1+ОЧО-10-40 – 730,74 руб/га, К-744Р1+ ПП-9-35ЕП – 980,44 руб/га.

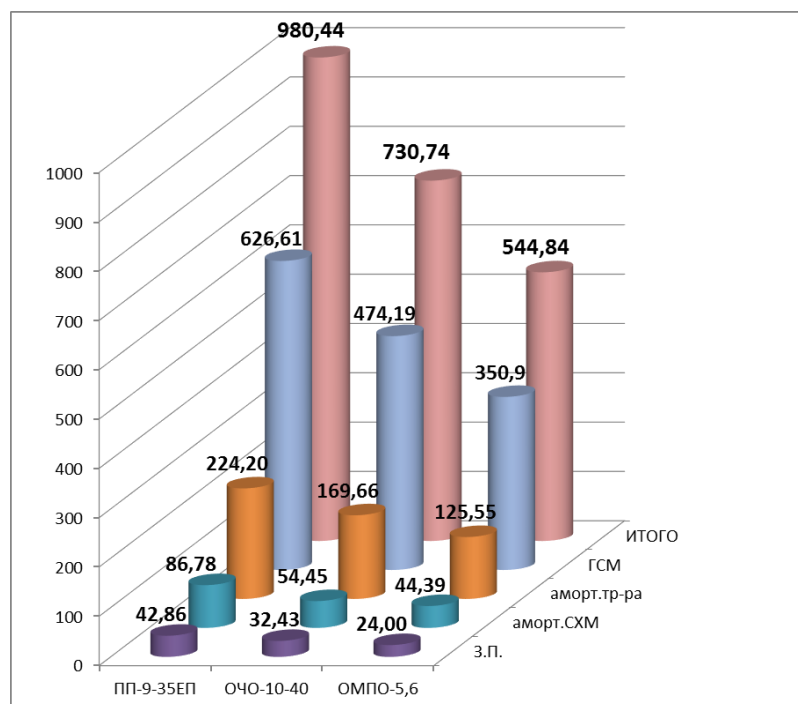


Рисунок 13 - Структура прямых технических затрат при производстве ячменя Прерия для трактора К-744Р1 в агрегате с различными орудиями

Значимость влияния технологии обработки почвы на урожайность, как фактора рентабельности производства, выше относительно прямых технических за-

трат (таблица 1). Применение орудия ОМПО-5,6 эффективно как с позиции снижения прямых технических затрат, так и повышения урожайности.

Таблица 1. Влияние технологии (орудия) основной обработки почвы на экономические показатели производства ячменя Прерия

Показатели	ПП-9-35ПЕ	ОЧО-10-40	ОМПО-5,6
Урожайность, т/га	1,14	1,44	1,52
Себестоимость технологии, руб/га	7297,81	7035,62	6840,43
Себестоимость зерна, руб/кг	6,40	4,90	4,51
Плановая выручка, руб/га	9120,00	11496,00	12136,00
Прибыль с 1 га., руб/га	1822,19	4460,38	5295,57
Рентабельность, %	24,97	63,40	77,42

Заключение

1. В зоне недостаточного увлажнения и слабо структурированных почв наиболее полно требованиям энерго-влажосбережения, водно-ветровой эрозионной устойчивости отвечают технологии обработки на основе применения орудий с чизельными рабочими органами. Для ресурсосбережения целесообразно совмещать на одной стойке различные рабочие органы, которые создают дифференцированные по плотности и структурному составу слои обрабатываемой почвы. Предложено усовершенствованный технологический процесс чизелевания за счет применения рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением.

2. Разработаны аналитические зависимости, раскрывающие взаимосвязь параметров исследуемого рабочего органа с технологическим процессом чизелевания.

3. Результаты лабораторно-полевых исследований усовершенствованного технологического процесса чизелевания подтвердили теоретические выводы, что зону сплошного рыхления, с позиции энергосбережения, целесообразно регулировать не величиной междуследия и глубиной рыхления чизеля, а расположением горизонтального ножа относительно долота предлагаемого рабочего органа.

4. Устойчивое движение рабочего органа «РОПА» на глубине 0,3-0,4м наблюдается при любом положении горизонтального ножа. При глубине рыхления

на 0,25м необходимо устанавливать горизонтальный нож в нижнее положение. Увеличение глубины чизелевания приводит к снижению нагрузки на горизонтальный нож при постоянной его глубине.

5. Согласно, проведенным полевым исследованиям использование изучаемого технологического процесса и рабочего органа, по сравнению с безотвальными и лемешными стойками, позволяют: снизить объем деформации почвы со снижением энергозатрат на 20-50%, в зависимости от глубины обработки; повысить урожайность ячменя Прерия до 30%; уменьшить количество эрозионно-опасных частиц почвы до 9,2% в слое от 0 до 5см.

6. Установлено, что внедрение усовершенствованной технологии чизелевания на основе применения рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углублением, относительно чизельно-отвальной и отвально-лемешной технологий, позволяют, соответственно, снизить прямые технические затраты с 3051,08 и 2801,37 руб/га до 2615,48 руб/га, и повысить рентабельность производства ячменя с 63,4 и 24,97% до 77,42%.

Рекомендации и предложения производству

В сельскохозяйственных предприятиях, применяющих безотвальную технологию, рекомендуется внедрять разработанные рабочие органы и орудия серии ОМПО с целью дополнительного снижения энергозатрат и эрозионной нагрузки.

Хозяйствам, использующим GPS навигацию, при производстве высокостебельных пропашных культур рекомендуется снимать горизонтальные ножи и устанавливать максимальную глубину чизелевания. При обработке почвы под зерновые культуры рекомендуется устанавливать горизонтальные ножи на глубину 0,08-0,12м, а глубину чизелевания - с учетом отзывчивости растений.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследований

Совершенствование конструкций рабочего органа и рамы почвообрабатывающего орудия под различные технологии: от Mini-till до Strip-till. Разработка и оптимизация ресурсосберегающих долот на основе эффекта Баушингера.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Шапров, М.Н. Агротехнические подходы при проектировании рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углублением / М.Н. Шапров, И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко // Изв. Нижневолж. агроуниверситет. комплекса. - 2013. - №4 – С.142-146.
2. Борисенко, И.Б. Термины как философия, определяющая инновационные технологии обработки почвы / И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачев, П.И. Борисенко, Р.С. Грабов // Вестник АПК Ставрополя. - 2015.- № 2 - С.16-21.
3. Борисенко, И.Б. Чизелевание почвы: перспективные орудия и способы возделывания широкорядных пропашных культур / И.Б. Борисенко, А.Е. Новиков, А.Е. Доценко, П.И. Борисенко, // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 7 - С. 41-45.
4. Борисенко, П.И. Технология основной обработки почвы и оборудование при производстве пропашных культур / П.И. Борисенко, М.Н. Шапров, И.Б. Борисенко, А.Е. Доценко // Изв. Оренбург. ГАУ. - 2015.- №6 -С.76-79.

б) патент на изобретение:

5. Пат. №2335870 (RU), МПК А01В 35/20, А01В 35/24. Глубокорыхлитель / И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко, В.И. Пындак [и др.]. - Оpubл. 20.10.08. Бюл. №29.
6. Пат. №2362286(RU), МПК А01В 15/00. Рабочий орган глубокорыхлителя/ И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко, В.И. Павленко [и др.]. - Оpubл. 27.07.09. Бюл. №21.
7. Пат. №2426288 (RU), МПК А01В 13/14. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко, С.Ю. Кондаков, С.А. Галкина. - Оpubл. 20.06.11. Бюл. №23.
8. Пат. №2489826 (RU), МПК А01В 13/08. Почвообрабатывающее орудие / И.Б. Борисенко, А.Н. Цепляев, П.И. Борисенко [и др.]. - Оpubл. 20.08.13. Бюл. №23.
9. Пат. на ПМ №143492 (RU), МПК А01В 13/08. Рабочий орган глубокорыхлителя / И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко, Ю.Н. Плескачев, М.Н. Шапров. - Оpubл. 27.07.14. Бюл. №21.
10. Пат. на ПМ №154634(RU), МПК А01В 13/00, А01В 3/36. Плуг-рыхлитель/ И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко, Ю.Н. Плескачев [и др.]. - Оpubл. 27.08.15. Бюл. №24.

в) в других изданиях:

11. Борисенко, П.И. Технология минимальной обработки почвы с полосным углублением и рабочий орган для ее осуществления / П.И. Борисенко, А.Е. Доценко, И.Б. Борисенко, М.Н. Шапров // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: матер. междунар. науч.-технич. конф. том 5 / Волгоград, 2013. С. 79-84.
12. Борисенко, П.И. Агротехническое обоснование рабочего органа для глубокой послойной обработки почвы / П.И. Борисенко, А.Е. Доценко, И.Б. Борисенко. // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России

- в ВТО: матер. междунар. науч.-технич. конф. том 5 / Волгоград, 2013. С. 97-101.
13. Борисенко, И.Б. Анализ и оценка рабочих органов для послойной обработки почвы / И.Б. Борисенко, А.Е. Доценко, П.И. Борисенко // М., Вестник РАСХН, 2013. С. 188-194.
14. Борисенко, П.И. Орудие минимальной полостной обработки с рабочими органами РОПА. / П.И. Борисенко, И.Б. Борисенко, М.Н. Шапров, А.Е. Доценко // М., Вестник РАСХН, 2013. С. 197-199.
15. Шапров, М.Н. Теоретическое определение тягового сопротивления модульного рабочего органа «РОПА» / М.Н. Шапров, П.И. Борисенко, И.Б. Борисенко. // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: матер. междунар. науч.-прак. конф. том 3 / Волгоград, 2014. С. 48-52.
16. Борисенко, П.И. Проблемы и решения эффективности использования почв Нижнего Поволжья / П.И. Борисенко // Поиск инновационных путей развития земледелия в современных условиях: матер. междунар. науч.-прак. конф. / Волгоград, 2014. С. 130-134.
17. Шапров, М.Н. Технич.-экономические показатели эффективности применения рабочих органов «РОПА» / М.Н. Шапров, П.И. Борисенко // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: матер. междунар. науч.-прак. конф. том 2 / Волгоград, 2015. С. 147-151.
18. Борисенко, П.И. Ресурсосберегающая технология обработки почвы с полосным углублением / П.И. Борисенко, И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачев // Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. / Кіровоград: КНТУ, 2015. С.143-145.
19. Борисенко, И.Б. Ресурсосберегающие рабочие органы для глубокой обработки почвы / И.Б. Борисенко, П.И. Борисенко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2015. – Вип. 19 (33). С. 142-151.

В авторской редакции

Подписано к печати . 2016 Формат 60x84^{1/8}.

Усл.-печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ.

ИПКА ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива».
400002, Волгоград, пр. Университетский, 26