

На правах рукописи

ТИХОНОВ Вячеслав Владимирович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ЧИЗЕЛЯ ДЛЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КРОШЕНИЯ ПОЧВЫ И
ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Уфа - 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Давлетшин Мударис Мубарякшанович**
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Набиев Тухтамурод Сахобович**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет», кафедра теоретической и прикладной механики, профессор

Хабибуллин Ильшат Фанилевич кандидат технических наук, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, отдел механизации и электрификации в отраслях АПК, заместитель начальника

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»

Защита состоится 31 мая 2012 года в 15-00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.003.04 при ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет» по адресу: 450001, г. Уфа ул. 50 лет Октября, д. 34, учебно-лабораторный корпус №3, ауд. 259.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»

Автореферат разослан «___» апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Мударисов С.Г.

Общая характеристика работы

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

Одной из наиболее ответственных технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур, влияющих на их продуктивность, является основная обработка почвы. Установлено, что наиболее благоприятные условия для роста и развития зерновых и пропашных культур достигается при гетерогенном сложении обрабатываемого слоя почвы.

К настоящему времени для основной обработки почвы разработаны и широко используются чизели.

Чизельные рабочие органы выполняют операции крошения, разрыхления обрабатываемого слоя почвы, разрушают уплотненные слои в нижних горизонтах, увеличивают мощность корнеобитаемого слоя, улучшают воздушный, водный и тепловой режимы почвы. Однако, существующие рабочие органы чизеля не полностью удовлетворяют агротребованиям, предъявляемым к ним. После обработки чизелем остаются крупные комки почвы диаметром в пределах 100...300 мм и более, которые способствуют усиленному испарению влаги. Все это показывает на необходимость совершенствования рабочих органов для дополнительного крошения почвы. В связи с этим предлагаемая работа, направленная на повышение качества работы чизельных орудий является актуальной и имеет важное значение для развития страны.

Цель исследований. Повышение качества выполнения основной обработки почвы чизельным рабочим органом путём совершенствования его конструкции и обоснования параметров.

Объект исследования. Технологический процесс взаимодействия модернизированного рабочего органа чизеля с почвой.

Предмет исследований. Закономерности изменения сил, действующих на рабочие органы при различных конструктивных и технологических параметрах рабочих органов и свойств почвы.

Методика исследований. Теоретические исследования выполнены с использованием теорий деформируемых твердых тел, методов прикладной механики и математического анализа. Экспериментальные исследования в лабораторных и полевых условиях выполнены в соответствии с общими и частными методиками, обработкой экспериментальных данных методами математической статистики при помощи ЭВМ.

Научная новизна:

- разработана математическая модель процесса взаимодействия с почвой чизельного рабочего органа с дополнительными ножами и крошителями.

-получена аналитическая зависимость тягового сопротивления чизельного рабочего органа с учетом физико-механических свойств почвы и конструктивных параметров дополнительных ножей и крошителей.

Новизна технических решений подтверждена патентами на полезную модель № 93615 и № 108900.

Практическая значимость работы. Разработанный чизельный рабочий орган с дополнительными ножами и крошителями обеспечивает крошение почвы, удовлетворяющий агротехнические требования. Рекомендации по совершенствованию чизельных рабочих органов рассмотрены на научно-техническом совете Министерства сельского хозяйства Республики Башкортостан, одобрены и рекомендованы к использованию в сельхозпредприятиях Республики (протокол № 6-11 от 24 августа 2011г).

Реализация результатов исследований. Производственная проверка разработанного рабочего органа была проведена на полях учебного хозяйства ГБОУ НПО Профессиональный лицей № 82 и СПК «Дружба» Аургазинского района Республики Башкортостан. Материалы исследований используются в учебном процессе механического факультета ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет» и при подготовке специалистов по специальности «Мастер сельскохозяйственного производства» в ГБОУ НПО Профессиональный лицей № 82.

Апробация работы. Результаты исследований доложены и обсуждены на международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ (2008...2012 гг.), международных научно-технических конференциях «Достижения науки – агропромышленному производству» ФГБОУ ВПО Челябинская ГАА (2008...2012 г.г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 11 печатных работ, в том числе 1 статья в перечне изданий рекомендованных ВАК РФ, получены 2 патента на полезную модель № 93615 и № 108900.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 144 страницах машинописного текста и содержит введение, пять глав, выводы и рекомендации. Список использованной литературы включает 130 наименований, из них 1 на иностранном языке. Диссертация включает 49 рисунков, 18 таблиц и 5 приложений.

Научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

- конструктивное обоснование рабочего органа для улучшения крошения почвы;
- аналитическое описание зависимости по определению конструктивных параметров рабочего органа;
- экспериментальное обоснование конструктивно – технологических параметров рабочего органа.

Основное содержание работы

Во введении обоснованы актуальность темы, сформулирована цель работы, объект и методика исследований. Показана научная новизна, практиче-

ская значимость и апробация работы, реализация результатов исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Состояние вопроса, цель работы и задачи исследования» выполнен анализ существующих машин, рабочих органов и научных исследований по чизельной обработке почвы. Вопросами обработки почвы и почвообрабатывающих машин, занимались В.П. Горячкин, А.А. Плишкин, А.П. Грибановский, Д.А.Глейберзон, А.С.Буряков, В.В.Бледных, В.А.Желиговский, А.П.Спирин, Н.В.Кроснощек, И.Т.Ковриков, А.И.Любимов, М.К.Манев, М.И.Матюшков, М.К.Макарец, С.Г. Мударисов, В.Е. Ковтунов, П.А.Пыльник, Р.С.Рахимов, Г.Н.Синеоков, И.Г.Шульгин, А.С.Кушнарев, С.Н.Капов и другие.

На основе анализа этих работ можно сказать, что в процессе взаимодействия рабочих органов машин с почвой возникают различные виды деформации: сжатие, растяжение, изгиб, кручение, за счёт которых почвенный пласт переходит из одного состояния в другое. При этом в основном изменяется плотность, а также сложение и строение обрабатываемого слоя почвы.

Возникновение же определенных видов деформации почвы зависит от конструктивных особенностей рабочего органа – формы рабочей поверхности, геометрических параметров, режимов работы и других. При работе чизельных рабочих органов по сравнению с другими орудиями основной обработки преобладают деформации сдвига. Однако при этом возникают крупные комки почвы, которые необходимо дополнительно крошить. По теории Ребиндера П.А. на каждое последующее разрушение (крошение) комков почвы потребуется 1,5...3,5 раза больше энергии, чем при предыдущей обработке. Поэтому для снижения энергоёмкости чизельной обработки необходимо добиваться соответствия размеров комков почвы агротехническим требованиям за один проход орудия.

В связи с этим в работе предстояло решить следующие **задачи исследования:**

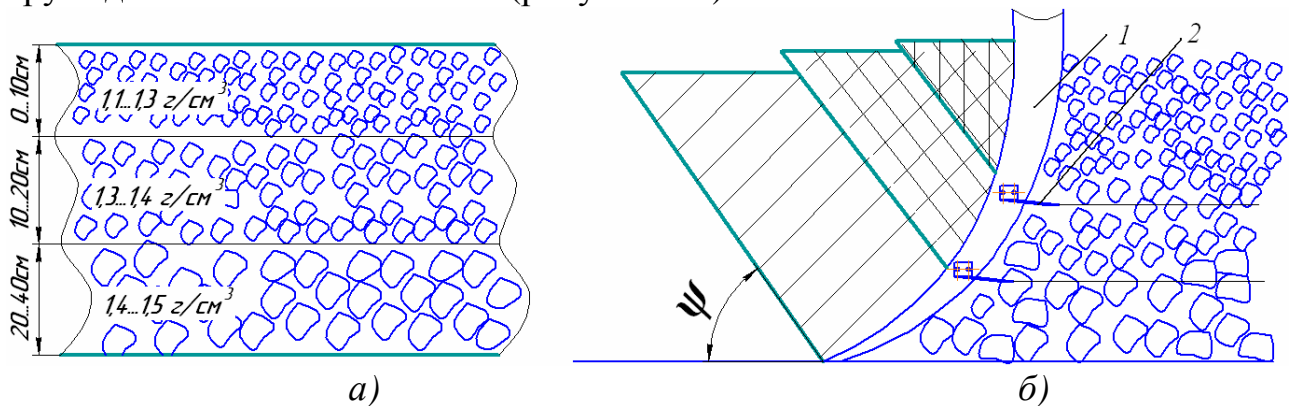
1. Обосновать конструктивную схему чизельного рабочего органа для дополнительного крошения почвы.
2. Разработать математическую модель технологического процесса взаимодействия чизельного рабочего органа с почвой и обосновать на его основе конструктивные параметры чизельного рабочего органа;
3. Модернизировать чизельный рабочий орган для улучшения крошения почвы с использованием рыхлящих ножей и дополнительных крошителей и оценить влияние их параметров на тяговое сопротивление и крошение почвы;
4. Теоретически и экспериментально обосновать конструктивно-технологические параметры модернизированного рабочего органа;
5. Провести производственную проверку рабочего органа чизеля и оценить экономическую эффективность его применения.

Во втором разделе «Теоретические предпосылки к обоснованию параметров чизеля рыхлящими ножами и дополнительными крошителями» рассмотрен физический процесс деформации и разрушения почвенной среды, показана последовательность построения и реализация математической модели процесса

взаимодействия рабочего органа с почвой, где почва рассматривается как деформируемое твердое тело.

Обоснование конструкции чизельных орудий требует учёта технологических основ выполнения этих операций в системе почвозащитного земледелия. Задача может быть решена только при условии создания гетерогенного сложения обрабатываемого слоя почвы, состоящего из верхнего рыхлого горизонта и нижних разуплотнённых слоев (рисунок 1 а). Разуплотнённые нижние слои обеспечивают конденсацию парообразной влаги в прикорневом слое, уменьшают процесс конвекции и диффузии, активизирует биологические процессы, в целом создавая благоприятные тепло-водо-воздушные режимы. Для достижения такого сложения необходимо выполнить послойную обработку почвы.

Для послойного рыхления почвы существующими чизельными орудиями нами предлагается устанавливать на стойке рабочего органа 1 в один или два яруса дополнительные ножи 2 (рисунок 1 б).



1-основной рабочий орган; 2-дополнительные ножи

Рисунок 1- Технологическая схема обработки почвенного пласта чизельным рабочим органом с рыхлящими ножами: а) гетерогенное сложение почвы; б) взаимодействие почвы с рабочим органом

Основными критериями при выборе схемы расположения ножа с дополнительными крошителями и расстановки дополнительных рабочих органов на стойке, является обеспечение наилучшего крошения и рыхления почвы, а также свободного прохода образовавшихся в процессе рыхления комков почвы между рабочими органами и дополнительными элементами. На рисунке 2 приведена расчётная схема для определения установки ножей с дополнительными крошителями при двухъярусном расположении.

Для обеспечения ярусного рыхления почвы необходимо, чтобы зоны рыхления дополнительных ножей соседних рабочих органов взаимодействовали друг с другом. Это условие соблюдается, когда линии скола почвенного пласта вторым ярусом ножей будут пересекаться на поверхности почвы, а первого яруса – на глубине хода первого яруса.

Тогда согласно расчетной схеме (рисунок 2) расстояние между рабочими органами вдоль рядков определяется следующим образом

$$S = 2 \cdot \frac{B_{H1}}{2} + 2 \cdot (a_2 - a_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi = B_{H1} + 2(a_2 - a_1) \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

где B_{H1min} - ширина захвата ножа, м; φ - угол скалывания почвы; a_1 - высота расположения ножей первого яруса, м.

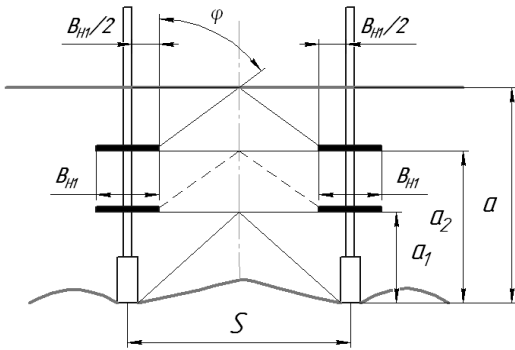


Рисунок 2 - Расчётная схема для определения ширины ножей

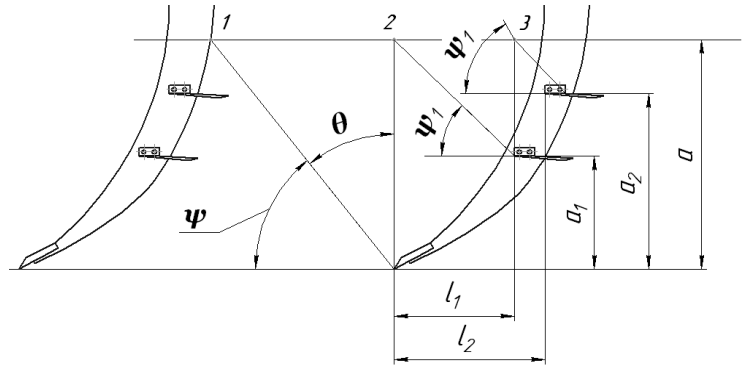


Рисунок 3 - Расчётная схема высоты установки ножей на стойке

Из выражения (1) можно определить минимальную ширину дополнительных ножей первого яруса

$$B_{H1min} \geq S - 2 \cdot (a_2 - a_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Для второго яруса путем аналогичных расчетов можно также определить минимальную ширину ножей

$$B_{H2min} \geq S - 2 \cdot (a - a_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

где a_2 – высота расположения ножей второго яруса, м.

Для обоснования положения ножей на стойке рабочего органа рассмотрим технологический процесс взаимодействия чизельного рабочего органа с дополнительными двухъярусными ножами в продольной плоскости. В данном случае для снижения энергоемкости обработки почвы необходимо, чтобы зоны деформации пласта долотом основного рабочего органа 1, дополнительными ножами первого 2 и второго 3 ярусов не накладывались друг на друга (рисунок 3). Это условие соблюдается, когда пересечение линии скола почвенного пласта с поверхностью почвы будет лежать на одной линии по вертикали с носком долота или предыдущего ножа (рисунок 3).

Тогда при одноярусном расположении ножей с дополнительными крошителями расстояние l_1 от носка лемеха до них определится следующим образом

$$l_1 = (a - a_1) / \operatorname{tg} \psi_1, \quad (4)$$

где ψ_1 - угол сдвига почвы дополнительным ножом первого яруса, град.

Расположение второго яруса определяется следующим образом

$$l_2 = (a - a_2) / \operatorname{tg} \psi_2, \quad (5)$$

где ψ_2 - угол сдвига почвы дополнительным ножом второго яруса, град.

Для обоснования конструктивно-технологических параметров рабочего органа рассмотрим технологический процесс работы такого рабочего органа. В процессе работы стойка чизельного рабочего органа воздействует на почву, при этом

происходит сжатие почвенных элементов, а при движении почвенного пласта по рабочей поверхности возникает деформация сдвига (рисунок 4). В результате этого по плоскости сдвига возникают следующие силы: нормальная сила давления рабочего органа на почву R_n , реакции (подпора) неразрушенного пласта почвы D . Кроме этого на сдвинутый почвенный пласт действует сила тяжести G , сила инерции K , когезионная сила C , силы трения почвы по рабочей поверхности $F_{тр}$, сцепления (адгезии) A .

В процессе деформации структурной старопахотной почвы рабочим органом, её скалывание происходит под углом $\theta = 45 + 0,5\varphi$ (где φ – угол внутреннего трения, град). Тогда угол сдвига ψ относительно направления движения $\psi = 45 - 0,5\varphi$ (рисунок 4).

Горизонтальную составляющую T силы реакции неразрушенного пласта почвы D (рисунок 5) можно определить как

$$T = D \sin(\psi + \varphi) = D \sin(45^\circ - 0,5\varphi + \varphi) = D \sin(45^\circ + 0,5\varphi) \quad (6)$$

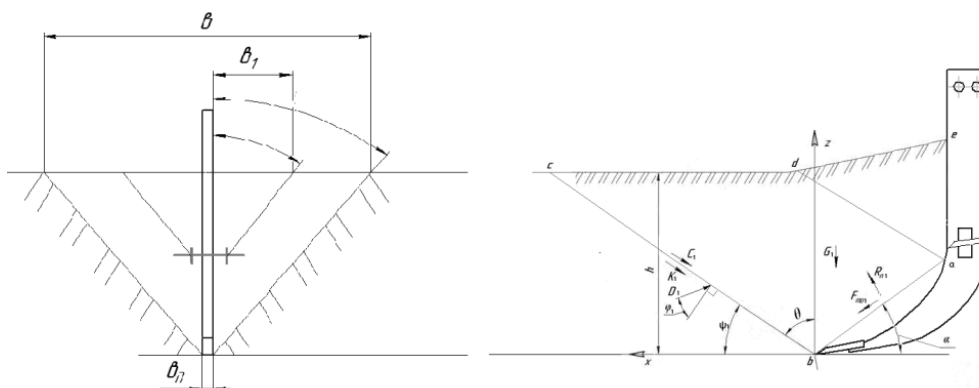


Рисунок 4 - Взаимодействие почвенного пласта с чизельным рабочим органом

Вертикальная составляющая S силы реакции неразрушенного пласта почвы D (рисунок 5)

$$S = D \cos(\psi + \varphi) = D \cos(45^\circ - 0,5\varphi + \varphi) = D \cos(45^\circ + 0,5\varphi) \quad (7)$$

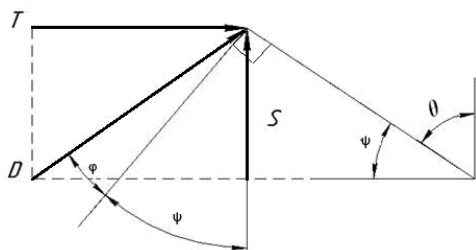


Рисунок 5 - Расчётная схема для определения силы реакции неразрушенного пласта почвы D

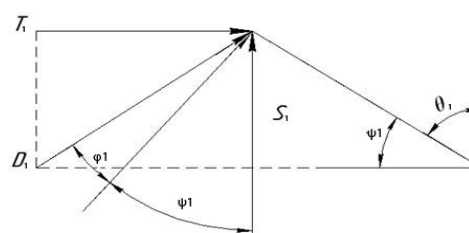


Рисунок 6 - Схема для определения силы реакции неразрушенного пласта почвы

При равномерном рабочем движении тяговое сопротивление рабочего органа P можно представить в виде трёх слагающих

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (8)$$

где P_1 – сила, действующая на основной рабочий орган, Н; P_2 – сила, действующая на нож с дополнительным крошителем при одноярусном расположении на стойке, Н; P_3 – сила, действующая на нож с дополнительным крошителем при двухярусном расположении на стойке;

Сила P_1 , действующая на стойку чизельного рабочего органа, определяется как горизонтальная составляющая силы подпора неразрушенного пласта почвы D_1 . Согласно схеме (рисунок 6) $P_1 = T_1$.

Силу подпора неразрушенного пласта почвы D_1 (рисунок 5) можно определить из уравнений равновесий сил в горизонтальном и вертикальном направлениях $\sum F_x = 0$ $\sum F_y = 0$

$$\begin{cases} R_{n1}(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1) - D_1 \sin(45^\circ + 0,5\varphi) = K_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi) \\ R_{n1}(\cos \alpha_1 + tg \delta \sin \alpha_1) + D_1 \cos(45^\circ + 0,5\varphi) = K_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + G_1, \end{cases} \quad (9)$$

где δ – угол трения почвы по стали, град; α – угол установки долота;

Силы реакции неразрушенной почвы

$$D_1 = \frac{(K_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + G_1)(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1)}{(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_1 + tg \delta \cdot \sin \alpha_1) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)} - \frac{(K_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi))(\cos \alpha_1 + tg \delta \sin \alpha_1)}{(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_1 + tg \delta \cdot \sin \alpha_1) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)}. \quad (10)$$

Тяговое сопротивление P_1 основного рабочего органа, ввиду равенства горизонтальной составляющей силы подпора T_1 определится как

$$P_1 = \left[\frac{(K_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + G_1)(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1)}{(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_1 + tg \delta \cdot \sin \alpha_1) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)} - \frac{(K_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi) + C_1 \cos(45^\circ - 0,5\varphi))(\cos \alpha_1 + tg \delta \sin \alpha_1)}{(\sin \alpha_1 + tg \delta \cos \alpha_1) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_1 + tg \delta \cdot \sin \alpha_1) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)} \right] \sin(45^\circ + 0,5\varphi) \quad (11)$$

Для дополнительного крошения почвенных комков, образующихся в процессе обработки, нами рекомендуется устанавливать на ножах 1 вертикальные крошители 2 и 3 (рисунок 7).

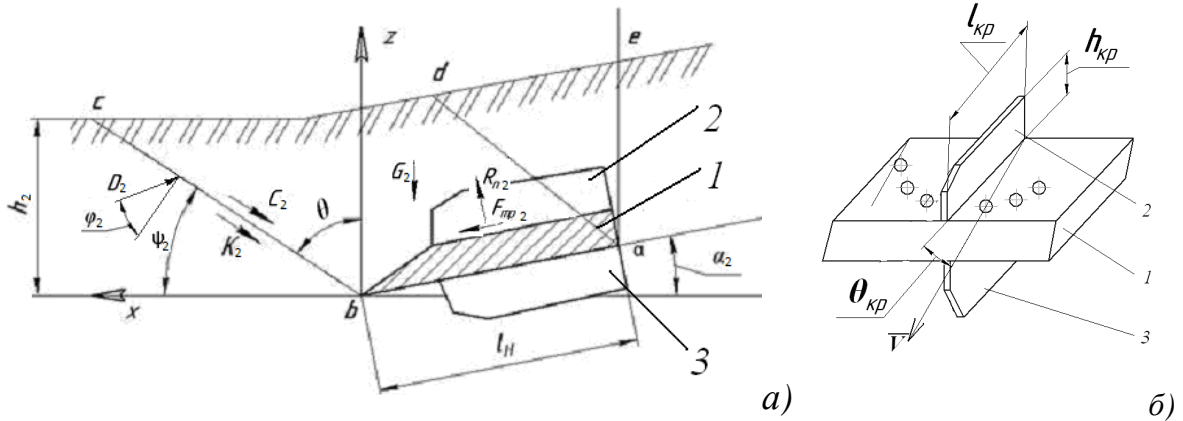
Определение сил, действующих на нож P_2 с дополнительным крошителем при одноярусном расположении на стойке и P_3 при двухярусном расположении производится аналогично по методике представленной выше. На рисунке 5 показана расчётная схема взаимодействия почвенного пласта с ножом и дополнительными крошителями.

Тяговое сопротивление ножа крошителя, т.е. горизонтальная составляющая силы подпора

$$P_2 = \left[\frac{(K_2 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_2) + C_2 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_2) + G_2)(\sin \alpha_2 + tg \delta \cos \alpha_2)}{(\sin \alpha_2 + tg \delta \cos \alpha_2) \cos(45^\circ + 0,5\varphi_2) + (\cos \alpha_2 + tg \delta \cdot \sin \alpha_2) \sin(45^\circ + 0,5\varphi_2)} - \frac{(K_2 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_2) + C_2 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_2) + G_2)(\sin \alpha_2 + tg \delta \cos \alpha_2)}{(\sin \alpha_2 + tg \delta \cos \alpha_2) \cos(45^\circ + 0,5\varphi_2) + (\cos \alpha_2 + tg \delta \cdot \sin \alpha_2) \sin(45^\circ + 0,5\varphi_2)} \right] \sin(45^\circ + 0,5\varphi_2). \quad (12)$$

Таким же методом можно получить выражение для определения тягового сопротивления верхнего ножа-крошителя P_3 .

$$P_3 = \left[\frac{(K_3 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_3) + C_3 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_3) + G_3)(\sin \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_3)}{(\sin \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_3) \cos(45^\circ + 0,5\varphi_3) + (\cos \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha_3) \sin(45^\circ + 0,5\varphi_3)} - \frac{(K_3 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_3) + C_3 \sin(45^\circ - 0,5\varphi_3) + G_3)(\sin \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_3)}{(\sin \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_3) \cos(45^\circ + 0,5\varphi_3) + (\cos \alpha_3 + \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha_3) \sin(45^\circ + 0,5\varphi_3)} \right] \sin(45^\circ + 0,5\varphi_3). \quad (13)$$



1 – дополнительный нож, 2, 3 – дополнительные крошители

Рисунок 7 - Схема взаимодействия почвенного пласта с ножом и дополнительными крошителями (а); схема дополнительного ножа с крошителями (б)

Таким образом, силы взаимодействия почвенного пласта с ножом, дополнительным крошителем, можно представить в виде суммы трёх сил: силы, действующей на стойку P_1 ; силы, действующей на нижний нож-крошитель P_2 ; силы, действующей на верхний нож-крошитель P_3 . Для этого полученные выражения (11, 12, 13) необходимо подставить в выражение (8).

Для определения пределов регулирования дополнительных ножей воспользуемся разработанной моделью и расчетной схемой (рисунок 7). Наибольшая величина реакции силы D_2 при работе плоского двухгранного клина

$$D_{2\max} \leq b l_n \sigma_{вр}, \quad (14)$$

где $\sigma_{вр}$ – временное сопротивление почвы сжатию, МПа., b – длина ножа, м, l – ширина ножа, м.

При малой связности почвы и большой длине рабочей поверхности ножа-крошителя подпор почвенного пласта может оказаться недостаточным для преодоления сил сопротивлений, препятствующих движению пласта по поверхности ножа-крошителя. Этим условием ограничивается максимально возможный угол наклона ножа-крошителя относительно направления движения.

Согласно схеме (рисунок 7) сила реакции неразрушенной почвы D_2 уравновешивается составляющей силы R_2 по оси x , а вес пласта - составляющей силы R_2 по оси y :

$$D_2 = R_2 \sin(\alpha_2 + \delta), \quad (15)$$

где α_2 – угол наклона ножа относительно нейтрального положения, δ - угол трения почвы о рабочую поверхность ножа,

$$G_2 = R_2 \cos(\alpha_2 + \delta). \quad (16)$$

откуда

$$D_2 = G_2 \operatorname{tg}(\alpha_2 + \delta). \quad (17)$$

Решая уравнение (14) используя зависимость (17) находим условие, соответствующее началу сгуживания почвы перед ножом-крошителем и прекращения движения пласта по его поверхности:

$$\sigma_{ep} \geq \rho l_n \operatorname{tg}(\alpha_2 + \delta). \quad (18)$$

Отсюда можно определить величину угла наклона ножа-крошителя

$$\alpha_2 \leq \operatorname{arctg}\left(\frac{\sigma_{ep}}{\rho l_n}\right) - \delta. \quad (19)$$

По формуле (19) можно определить предельные положения угла наклона ножа ($\alpha_{2\min}$ и $\alpha_{2\max}$) для различных типов почв в зависимости от значений ее временного сопротивления и угла трения почвы по поверхности рабочего органа. Установку угла наклона дополнительного ножа-крошителя в процессе работы необходимо производить в этих пределах.

Для подтверждения теоретических предпосылок, определения агротехнических и энергетических показателей работы орудия, уточнения его основных параметров были проведены экспериментальные исследования.

В третьем разделе «Программа и методика исследования» изложена программа исследований, условия проведения экспериментов, приборы и аппараты, схема и общее устройство экспериментальных установок, методика обработки результатов исследований.

Программой предусматривалось проведение теоретических исследований по обоснованию технологических параметров дополнительных ножей, тягового сопротивления рабочего органа, а также лабораторных и лабораторно-полевых исследований по определению конструктивных параметров рабочего органа с дополнительными ножами, крошителями и удерживающим сектором-крошителем. Исследования предусматривали определение технологических свойств почвы, изыскание рациональных параметров крошителя, выбор наиболее приемлемых параметров сектора-крошителя. Испытание экспериментального рабочего органа ножом с дополнительными крошителями проводилось в хозяйственных условиях по сравнению с серийным орудием.

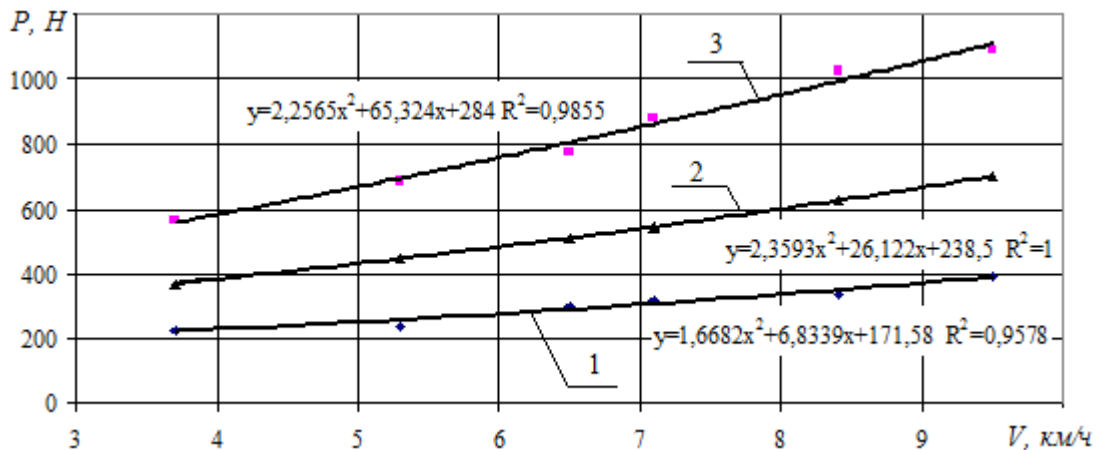
За основу методики определения характеристик испытаний взяты СТО АИСТ 10.4.6 - 2003 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие», а функциональных показателей работы орудий - СТО АИСТ 4.1 - 2004 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей».

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований» приводятся результаты расчётов, полученные при численном решении

разработанной модели, результаты лабораторных и полевых исследований экспериментального рабочего органа и их анализ.

Проверка адекватности разработанной модели проводилась на основе сравнения результатов тягового сопротивления чизельного рабочего органа на почвенном канале кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ» и результатов, полученных при теоретических исследованиях технологического процесса. При этом учитывалось соответствие физико-механических свойств почвы, геометрических и технологических параметров рабочего органа. Глубина обработки 30 см, ширина захвата ножей-крошителей 30 см, угол наклона ножей относительно направления движения $\alpha_2=\alpha_3=15^\circ$, угол внутреннего трения почвы $\varphi=40^\circ$, угол трения почвы по поверхности рабочего органа $\delta=20^\circ$, плотность почвы 1400 кг/м^3 , влажность почвы 18%, скорость движения 3,7...9,5 км/ч.

На рисунке 8 представлены графики зависимости тягового сопротивления P чизельного рабочего органа с дополнительными ножами-крошителями от скорости движения.



1 – экспериментальные данные (на почвенном канале); 2 – теоретические данные;
3 – данные полевых экспериментов

Рисунок 8 – Зависимость тягового сопротивления чизельного рабочего органа от скорости (глубина обработки – 3 см; влажность почвы – 18%)

Полученные результаты показывают, что с увеличением скорости движения тяговое сопротивление чизельного рабочего органа увеличивается по параболической зависимости. Уравнение регрессии, описывающее характер изменения силы P в зависимости от скорости движения рабочего органа представляет собой параболическое уравнение второго порядка в виде:

а) экспериментальные данные, полученные в полевых условиях

$$y=2,2565x^2+65,324x+284; \quad (20)$$

б) экспериментальные данные, полученные в почвенном канале

$$y=1,6682x^2+6,8339x+171,58. \quad (21)$$

в) теоретические данные

$$y=2,3593x^2+26,122x+238,5; \quad (22)$$

Достоверность аппроксимации кривой $R^2=1,0$. Полученные зависимости лежат в доверительной зоне с уровнем значимости 95% по критерию Фишера, что свидетельствует об адекватности разработанной модели.

Представленные данные идентичны и показывают возможность использования полученных во 2 главе аналитических зависимостей для расчета параметров чизельного рабочего органа.

Согласно выражению (19) были определены пределы регулирования угла наклона дополнительных ножей. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 Физико-механические свойства почв и пределы регулирования угла наклона ножа

Тип почвы	Угол внутр. трения, °	Коэф. сцепления, кг/см ²	Коэф. трения почвы о сталь	Угол трения почвы о сталь, °	Врем. со-противл. почвы, $\sigma_{вр}$, кг/см ²	Пределы угла наклона ножа, α_{2max} , °
Тяжелосуглинистая	47,7 ⁰	0,35	0,33	18,2 ⁰	14,5	-1...32 ⁰
Суглинистая	15,6 ⁰	0,27	0,33	18,2 ⁰	12,9	3 ⁰ ...27 ⁰
Легкосуглинистая	51,8 ⁰	0,16	0,28	15,6 ⁰	14,3	-4 ⁰ ...34 ⁰
Супесчаная	47,2 ⁰	0,05	0,29	16,2 ⁰	11,3	3 ⁰ ...27 ⁰
Песчаная	47,7 ⁰	0,03	0,23	12,9 ⁰	11,3	0...30 ⁰

Как показали расчеты, угол наклона дополнительного ножа можно регулировать в пределах -4⁰...34⁰ в зависимости от типа почвы

Обоснование конструктивно-технологических параметров производилось в лабораторных и полевых условиях.

Исследование влияния угла установки ножа $\alpha_{н1} - x$ (рисунок 7а) и угла установки дополнительного крошителя к направлению движения $\theta_{кр} - y$ (рисунок 7 б) на сопротивление рабочего органа R позволило получить уравнение регрессии

$$R=326,294+185,977^2x + 219,0907^2y+4,719^2x^2 + 1,0817^2x^2y-10,935^2y^2y, (23)$$

и построить зависимость $R=f(\alpha_{н1}, \theta_{кр})$ (рисунок 9). Из этого графика видно, что с увеличением углов $\theta_{кр}$ и $\alpha_{н1}$ увеличивается сопротивление рабочего органа R .

Однако при этом, как показали эксперименты, улучшается качество крошения почвы (рисунок 10). При выборе углов установки ножей в производственных условиях необходимо исходить из того, чтобы эффект повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет улучшения качества обработки почвы должен превышать расходы на повышение энергоемкости обработки почвы, в частности на себестоимость технологического процесса.

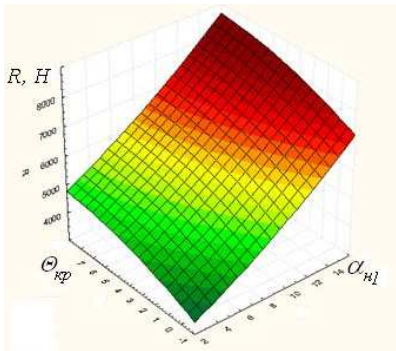


Рисунок 9 - Зависимость тягового сопротивления рабочего органа от угла установок ножа $\alpha_{н1}$ и дополнительного крошителя $\theta_{кр}$

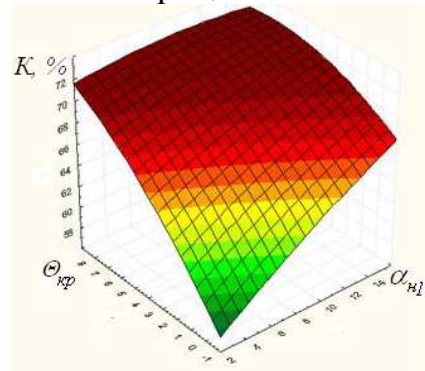


Рисунок 10 – Зависимость степени крошения от угла установок ножа $\alpha_{н1}$ и дополнительного крошителя $\theta_{кр}$

Как было установлено в теоретическом разделе работы, на технологический процесс обработки почвы чизельного рабочего органа влияет расположение дополнительных ножей на стойке и их геометрические размеры (рисунок 2). На основе экспериментальных данных получено уравнение зависимости тягового сопротивления R рабочего органа от расстояния между ножами соседних стоек одного ряда S_1 (x_1) и высоты их установки a_1 (y_1)

$$R = 8556,74 - 151,78x_1 - 90,66y_1 + 6,77x_1^2 - 2,16x_1y_1 + 3,73y_1^2. \quad (24)$$

Графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия расстояния между ножами соседних стоек одного ряда S_2 и высоты их установки a_2 представлено на рисунке 11, а его двумерное сечение – на рисунке 12.

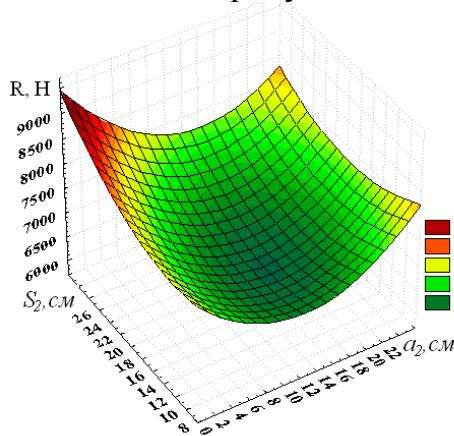


Рисунок 11 – Поверхность отклика, характеризующее влияние S_1 и a_1 на тяговое сопротивление рабочего органа R

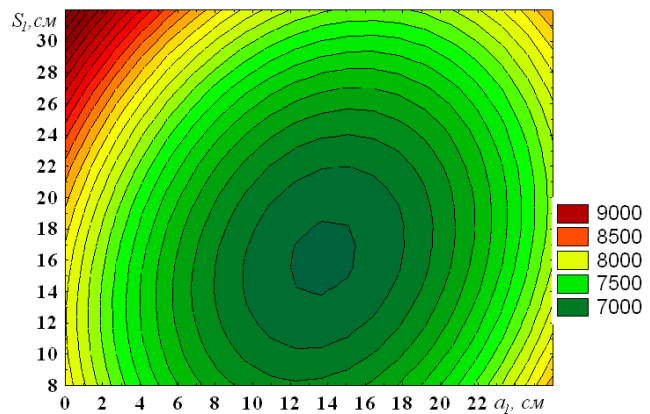


Рисунок 12 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее влияние S_1 и a_1 на тяговое сопротивление рабочего органа R

Исходя из этих рисунков можно сказать, что оптимальным для обеспечения минимального тягового сопротивления чизельного рабочего органа с дополнительными элементами являются высота установки ножа $a_1 = 14$ см и расстояние между ножами соседних стоек одного ряда $S_1 = 16$ см. При этом ширина ножей согласно расчетной схеме (рисунок 2) $B_n = 30$ см.

Полученные результаты лабораторно-полевых экспериментов показывают, что путем изменения конструктивно-технологических параметров разработанного рабочего органа чизеля ПЧ-2,5, в частности угла установки дополнительных ножей, можно управлять процессами крошения почвы чизельными орудиями.

Остальные конструктивные параметры дополнительных ножей и крошителей обосновывались из условия скольжения по их лезвию комков почвы и корневищ растительных остатков, а также обеспечения конструктивной надежности по прочности. В таблице 2 представлены конструктивные параметры дополнительного ножа, а в таблице 3 – дополнительного крошителя.

Таблица 2 - Конструктивные параметры дополнительного ножа

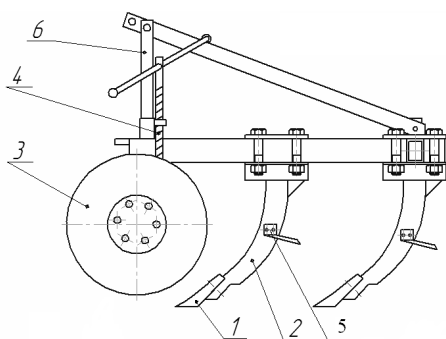
Параметры	Ширина ножа B_H , мм	Угол заточки лезвия $\alpha_{л}$, град	Длина ножа l_H , мм	Толщина ножа δ_H , мм
Значения	300	15	60	10

Таблица 3 - Конструктивные параметры дополнительного крошителя

Параметры	Длина кроши- теля $l_{кр}$, мм	Угол скоса $\alpha_{ск.кр}$, град	Высота крошителя $h_{кр}$, мм	Угол уста- новки кро- шителя $\theta_{кр}$, град	Толщина крошителя $\delta_{кр}$, мм
Значения	60	40	50	-1...8	5

Исследования чизельного орудия, оборудованного разработанными рабочим оранами с дополнительными ножами и крошителями производились на полях СПК «Дружба» Аургазинского района Республики Башкортостан в 2011 г. На рисунке 13а представлена конструктивная схема чизельного орудия, а на рисунке 13б – процесс его работы. Степень крошения почвы тяжелосуглинистого механического состава (чернозем выщелоченный) при работе с разработанным орудием составила 72...80%, а при работе серийного орудия – 60...66%, что позволило повысить урожай сахарной свеклы на 6...7% – с 170 ц/га до 180...185 ц/га.

В пятом разделе «Экономическая эффективность применения экспериментального рабочего органа» приводится технико-экономический расчет, показывающий, что за счёт использования модернизированного рабочего органа чизеля в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан, а конкретно в учебном хозяйстве ГОУ НПО Профессионального лицея № 82 с. Толбазы Аургазинского района Республики Башкортостан можно получить экономический эффект 6,4 руб/га, срок окупаемости разработки составляет 2,8 года.



1-долото; 2-стойка; 3-колесо; 4-винт; 5-нож; 6-навеска.

Рисунок 17 – Экспериментальный рабочий орган плуга ПЧ-2,5: а) конструктивная схема, б) процесс работы орудия

Выводы и предложения

1. Из анализа технологий обработки почвы установлено, что для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо создавать гетерогенное сложение обрабатываемого слоя почвы. Для осуществления такой обработки чизельными орудиями предлагается устанавливать на стойке рабочего органа в один или два яруса дополнительные горизонтальные ножи и вертикальные крошители.

2. На основе разработанной модели технологического процесса взаимодействия с почвой чизельного рабочего органа с дополнительными ножами и крошителями получены аналитические зависимости для определения тягового сопротивления и установлены пределы регулирования угла наклона дополнительного ножа от -4° до 34° в зависимости от типа почвы.

3. Установлено влияние на тяговое сопротивление и степень крошения почвы конструктивно-технологических параметров рабочего органа – угла установки ножа $\alpha_{н1}$ и угла дополнительного крошителя к направлению движения $\theta_{кр}$, а также расстояния между ножами соседних стоек одного ряда S_1 и высоты их установки a_1 . Оптимальными параметрами по тяговому сопротивлению являются: высота установки ножа $a_1 = 14$ см, расстояние между ножами соседних стоек одного ряда $S_1 = 16$ см, при этом ширина ножей $B_n = 30$ см.

4. Обоснованы из условия скольжения по лезвию дополнительных ножей и крошителей комков почвы и корневищ растительных остатков, а также обеспечения конструктивной надежности, следующие конструктивные параметры:

- ножа – ширина $B_n = 300$ мм, длина $l_n = 60$ мм, толщина $\delta = 10$ мм, угол заточки лезвия $\alpha_{л} = 15^{\circ}$;

- крошителя – длина $l_{кр} = 70$ мм, высота $h_{кр} = 50$ мм, толщина $\delta_{кр} = 5$ мм, угол скоса $\alpha_{ск.кр} = 40^{\circ}$; угол установки к направлению движения $\theta_{кр} = -1 \dots 8^{\circ}$;

5. Установлено, что использование разработанного рабочего органа при обработке почвы тяжелосуглинистого механического состава (чернозем выщелоченный) позволяет получить степень крошения 72...80%, что повысило урожайность сахарной свеклы на 6...7% – с 170 ц/га до 180...185 ц/га. Использование модернизированного рабочего органа чизеля в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан позволяет получить экономический эффект 6,4 руб/га. Срок окупаемости разработки составляет 2,8 года.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Тихонов В.В. Глубококорыхлитель с дополнительным крошителем / Давлетшин М.М., Тихонов В.В. / журнал Сельский механизатор, 2010, №10., с.7.

Патенты:

2. Патент № 93615 РФ МПК А01В 13/16 .Рабочий орган глубококорыхлителя /Тихонов В.В./ Оpubл.10.05.2010 Бюл. № 13.

3. Патент №108900 РФ МПК А01В 13/16. Рабочий орган глубококорыхлителя /Тихонов В.В., Давлетшин М.М./ Оpubл.10.10.2011 Бюл. № 28.

Публикации в других изданиях:

4.Тихонов В.В. Исследование чизельного рабочего органа с дополнительным крошителем / Давлетшин М.М. Тихонов В.В./Материалы 19-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Агрокомплекс-2009». Часть 1 .-Уфа: Изд-во БГАУ,2009.-с.60...61.

5. Тихонов В.В. Чизельный рабочий орган с рыхлящими ножами и дополнительными крошителями / Давлетшин М.М. Тихонов В.В./ Материалы 49-й международной научно-технической конференции «Достижения науки-агропромышленному производству». Часть 2.-Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2010.-с.86...89.

6.Тихонов В.В. Некоторые предпосылки к определению тягового сопротивления чизельного рабочего органа с рыхлящими ножами и дополнительными крошителями/ Давлетшин М.М. Тихонов В.В. /Материалы 20-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Агрокомплекс-2010». Часть.-Уфа: Изд-во БГАУ,2010.-с. 47...49.

7.Тихонов В.В. Рабочий орган глубококорыхлителя с удерживающим сектором-крошителем /Давлетшин М.М. Тихонов В.В./ Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ. Часть 2.-Уфа: ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2010.-с.41...42.

8. Тихонов В.В. Теоретические предпосылки к обоснованию некоторых параметров ножа с дополнительными крошителями чизельного рабочего органа / Давлетшин М.М. Тихонов В.В./ Материалы 50-й международной научно-технической конференции «Достижения науки-агропромышленному производству». Часть 3.-Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2011.-с.209...211.

9.Тихонов В.В. / Давлетшин М.М. /Материалы 21-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Агрокомплекс-2011». Часть .-Уфа: Изд-во БГАУ, 2011.- с. 104...107

10.Тихонов В.В. Результаты лабораторных исследований по определению энергетических показателей чизеля рыхлящими ножами и с дополнительными крошителями. /Давлетшин М.М. Тихонов В.В./Материалы 22-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Агрокомплекс-2012». Часть.-Уфа: Изд-во БГАУ, 2012.- с.340...341

11. Тихонов В.В. Модернизированный рабочий орган чизеля. / Давлетшин М.М., Тихонов В.В./ Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2012, № 2., с.107...108.

Подписано в печать _____2012. Формат бумаги 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,0. Бумага офсетная
Печать трафаретная. Гарнитура «Таймс». Заказ 376. Тираж 100 экз.
Типография ФГОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»
450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34