



На правах рукописи

Чернышкин Владимир Вячеславович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА И ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ
ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Бойков Василий Михайлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Инженерная графика и теоретическая механика» ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

Павлов Иван Михайлович

кандидат технических наук, директор
научно-технического центра ФГБОУ ВПО
«Самарская ГСХА»

Афонин Александр Евгеньевич

Ведущая организация – государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока Россельхозакадемии»

Защита диссертации состоится 26 декабря 2013 г. в 12 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.061.03 на базе ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».

Отзывы направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. E-mail: chekmarev.v@yandex.ru.

Автореферат разослан «20» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Чекмарев Василий Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При возделывании любой сельскохозяйственной культуры выполняется основная обработка почвы, которую осуществляют по отвальной или безотвальной технологии. Глубокая основная обработка почвы до 30 см является самой энергоемкой операцией, на ее долю приходится до 40 % всех энергоресурсов, используемых в растениеводстве. В последнее время для снижения энергоемкости основной обработки почвы широко внедряется технология обработки почвы на глубину до 16 см с мульчированием верхнего слоя. Если совместить известные технологические операции, при условии соблюдения агротехнических требований (АТТ) на разных глубинах обрабатываемого слоя, то появляется возможность добиться нового качественного результата, повышающего эффективность основной обработки почвы.

Для выполнения основной обработки почвы широко применяют лемешно-отвальные плуги общего назначения, плоскорезы-глубокорыхлители, плуги-рыхлители и чизельные плуги. Мелкую обработку почвы выполняют орудиями, в составе которых различные рабочие органы: стрелчатые лапы, сферические диски, катки и др. Наиболее близкие по комбинации разноглубинной обработки почвы – комбинированные машины ПБК-5,4 и ПБК-4,8(Ч). Однако практическое применение ПБК-4,8(Ч) показало, что имеются резервы снижения энергоемкости и повышения производительности этого орудия.

Совершенствование технологического процесса разноглубинной основной обработки почвы и модернизация почвообрабатывающего орудия с комбинированными рабочими органами, снижающие энергоресурсы, представляют собой актуальную научную задачу, имеющую важное хозяйственное значение.

Исследования выполнены в соответствии с долгосрочной областной целевой программой «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области» на 2013–2020 годы (постановление правительства области от 7 сентября 2012 года № 544-П), а также «Концепцией развития агропромышленного комплекса Саратовской области до 2020 года» (п.п. 3.4.3 «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК»).

Цель работы. Снижение энергоемкости основной глубокой обработки почвы за счет совершенствования технологического процесса и почвообрабатывающего орудия.

Объект исследований. Технологический процесс глубокой основной обработки почвы, выполняемый модернизированным почвообрабатывающим орудием.

Предмет исследований. Закономерности изменения энергоемкости технологического процесса при взаимодействии модернизированного орудия с обрабатываемым слоем почвы.

Научная новизна. Усовершенствован технологический процесс глубокой основной обработки почвы, обоснована конструктивно-технологическая схема модернизированного почвообрабатывающего орудия и разработана методика определения его основных параметров и энергоемкости.

Теоретическая и практическая значимость. Разработан технологический процесс, совмещающий поверхностное мульчирование с почвоуглублением пахотного слоя. Предложена методика определения ширины захвата почвообрабатывающего орудия и его энергетических показателей с использованием эмпирических и аналитических выражений. Модернизированное почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 обеспечивает снижение энергоемкости пахотного агрегата на 15,0 % и себестоимости механизированных работ по сравнению с ПБК-4,8(Ч) на 21 %. КОМБИ-6 было испытано на Поволжской МИС (Самарская область, п. Усть-Кинельский), которая рекомендует поставить его на серийное производство.

Методология и методы исследования. Методология основана на системном подходе, который позволяет раскрыть целостность объекта исследований и выявить взаимообусловленность связей между рабочими органами и обрабатываемым слоем почвы. Общая методика исследований предусматривала совершенствование технологического процесса глубокой основной обработки почвы, разработку конструктивно-технологической схемы модернизированного почвообрабатывающего орудия, обоснование его основных параметров и определение энергоемкости. Теоретические исследования проводились с использованием основных положений классической механики, математики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторно-полевых и хозяйственных условиях в соответствии с действующими ГОСТами и СТО АИСТ. Обработка результатов экспериментов выполнена с использованием статистических методов с применением ПК.

Научные положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованный технологический процесс глубокой основной обработки почвы;
- методика определения ширины захвата почвообрабатывающего орудия и энергоемкости усовершенствованного технологического процесса с использованием разработанных эмпирических и аналитических зависимостей;
- конструктивно-технологическая схема модернизированного почвообрабатывающего орудия с комбинированными рабочими органами.

Степень разработанности. На основе анализа технологических процессов, выполняемых ПБК-5,4 и ПБК-4,8(Ч), разработан усовершенствованный технологический процесс, позволяющий повысить качество мульчирования верхнего слоя почвы, эффективность почвоуглубления и разрушения плужной подошвы, влагонакопление и обеспечить снижение тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия. Разработаны конструктивно-технологическая схема модернизированного почвообрабатывающего орудия, а также методика определения ширины его захвата и энергоемкости пахотного агрегата.

Степень достоверности и апробация. Теоретические исследования подтверждаются экспериментальными опытами с доверительной вероятностью 0,95. Результаты исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК» СГАУ им. Н.И. Вавилова в 2010–2013 гг., на Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г.П. Шаронова «Проблемы эксплуатации и ремонта автотракторной техники» (Саратовский ГАУ, 2012 г.), на VIII Международной научно-практической конференции «Vedecky prumysl evropskeho kontinentu – 2012» (Чехия, Прага, 2012 г.).

Реализация результатов исследований. Почвообрабатывающие орудия КОМБИ-6 были использованы для глубокой основной обработки почвы на полях К(Ф)Х «Одиноковой И.К.» Лысогорского района, ООО «Октябрьское» Перелюбского района Саратовской области, Поволжского НИИСС Кинельского района Самарской области. Результаты теоретических исследований рекомендуется использовать научно-исследовательскими институтами, конструкторскими бюро и машиностроительными заводами при разработке рабочих органов и почвообрабатывающих орудий, а также включить в учебный процесс при изучении дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ общим объемом 1,75 печ. л., из них лично соискателю принадлежит 1,1 печ. л. Опубликовано три статьи в изданиях, включенных в «Перечень ведущих журналов и изданий...» ВАК РФ. Остальные работы опубликованы в сборниках научных работ, сборниках материалов научных конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц и 84 рисунка, 21 приложение на 33 страницах. Список литературы включает в себя 103 наименования, в том числе 2 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *введении* обоснована актуальность темы и сформулированы основные научные положения, которые выносятся на защиту.

В *первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований»* рассмотрены агротехнические требования, предъявляемые к глубокой и мелкой основной обработке почвы. Проведен анализ технических характеристик известных лемешно-отвальных плугов общего назначения, плоскорезов-глубокорыхлителей, чизельных плугов и плугов-рыхлителей, комбинированных почвообрабатывающих орудий, дисковых борон и дискаторов, выполнено сравнение энергоемкости обработки почвы этими машинами. Намечены направления предстоящих исследований.

Исследованиям в области механизации процессов основной обработки почвы посвящены классические труды основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина, а также работы Н.В. Щучкина, Г.Н. Синеокова, И.М. Панова, А.С. Кушнарера, В.В. Кацыгина, П.У. Бахтина, А.Т. Вагина, П.Н. Бурченко, В.И. Румянцева, А.И. Любимова, В.В. Бледных, А.П. Грибановского, А.П. Спирина, В.М. Мацепуро, А.Б. Коганова, В.М. Бойкова и других ученых.

Проведенный анализ энергоемкости известных почвообрабатывающих орудий, применяемых для глубокой и мелкой основной обработки почвы, показал, что энергоемкость технологических процессов, выполняемых лемешно-отвальными плугами, находится в пределах 40,6–62,9 кВт·ч/га. У безотвальных почвообрабатывающих орудий, применяемых для обработки почвы до 30 см, она составляет 31,4–51,8 кВт·ч/га, у комбинированных почвообрабатывающих орудий, дискаторов и дисковых борон, производящих основную обработку почвы на глубину до 16 см, – 22,6–46,6 кВт·ч/га.

В 2007–2010 гг. в Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова разработан рациональный технологический процесс основной обработки почвы с мульчированием верхнего слоя, выполняемый почвообрабатывающим орудием ПБК-5,4 на глубину до 16 см. На базе этой технологии был разработан комбинированный технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый почвообрабатывающим орудием ПБК-4,8(Ч) на глубину до 30 см. Энергоемкость ПБК-5,4 составляет 23,1 кВт·ч/га, а ПБК-4,8(Ч) – 29,0 кВт·ч/га.

При исследованиях работы ПБК-4,8(Ч) в хозяйствах Саратовской области и испытаниях на ФГБУ «Поволжская МИС» (Самарская обл.) было установлено, что за счет изменения количества и расстановки рабочих органов ПБК-4,8(Ч) можно дополнительно снизить тяговое сопротивление этого орудия, а также повысить качество обработки почвы.

В соответствии с результатами анализа и поставленной целью в работе предусмотрено решение следующих задач:

- усовершенствовать технологический процесс глубокой основной обработки почвы;
- теоретически обосновать конструктивно-технологическую схему модернизированного почвообрабатывающего орудия и определить энергоемкость усовершенствованного технологического процесса;
- провести экспериментальные исследования энергоемкости усовершенствованного технологического процесса, выполняемого модернизированным почвообрабатывающим орудием;
- в хозяйственных условиях определить эксплуатационно-технологические показатели работы предлагаемого почвообрабатывающего орудия и дать оценку экономической эффективности его применения.

Во *второй главе «Теоретические исследования технологического процесса обработки почвы и почвообрабатывающего орудия для его выполнения»* проведен анализ работы почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч), представлены усовершенствованный технологический процесс глубокой основной обработки почвы и конструктивно-технологическая схема модернизированного почвообрабатывающего орудия, определены его основные параметры и эксплуатационно-технологические показатели эффективности использования пахотного агрегата.

Тяговое сопротивление R_m орудия ПБК-4,8(Ч), укомплектованного комбинированными и чизельными рабочими органами (рисунок 1), определяется по формуле:

$$R_m = 6R_1 + 5R_2 + 5R_3 + 5R_4, \quad (1)$$

где R_1, R_2, R_3 – соответственно тяговое сопротивление комбинированного рабочего органа, производящего блокированное резание ($a = 0,15$ м), полублокированное резание ($a = 0,15$ м), открытое резание ($a = 0,15$ м) кН; R_4 – тяговое сопротивление чизельного рабочего органа ($a_3 = 0,15$ м), кН.

Исследованиями установлено, что если в принципиальной схеме исключить (см. рис. 1) третий ряд комбинированных рабочих органов, то тяговое сопротивление такого почвообрабатывающего орудия:

$$R_m = 6R_1 + 5R_2 + 5kR_4, \quad (2)$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние раскрошенного объема почвы, находящегося на глубине $a = 0,15$ м, $k = 1,2$.

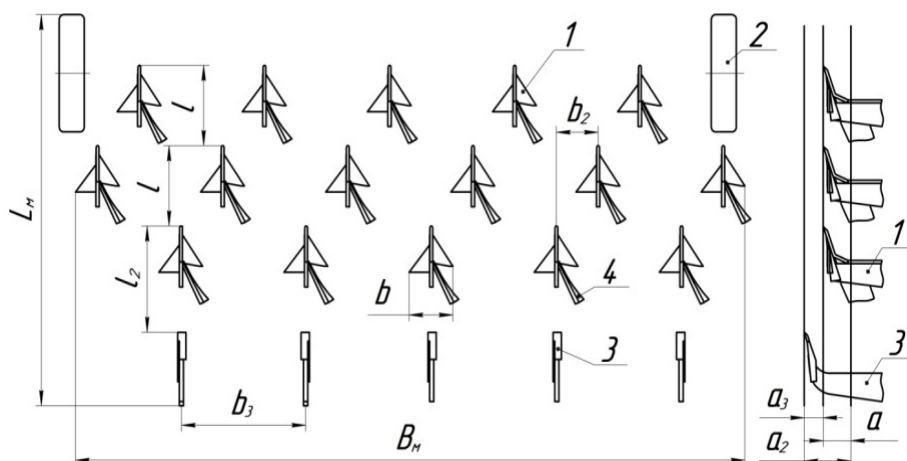


Рисунок 1 – Принципиальная схема почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч): 1 – комбинированный рабочий орган; 2 – опорное колесо; 3 – чизельный рабочий орган; L_M – длина орудия; B_M – ширина захвата; l, l_2 – расстояние между рядами рабочих органов, b – ширина захвата стрелчатой лапы; b_2 – расстояние между комбинированными рабочими органами; b_3 – расстояние между чизельными рабочими органами; a и a_2 – глубина обработки почвы комбинированными и чизельными рабочими органами соответственно; a_3 – разница глубин между чизельными и комбинированными рабочими органами

Зависимость тягового сопротивления R_M орудия ПБК-4,8(Ч) от скорости движения v (рисунок 2) показала, что исключение третьего ряда комбинированных рабочих органов позволит снизить сопротивление на 18,5 %.

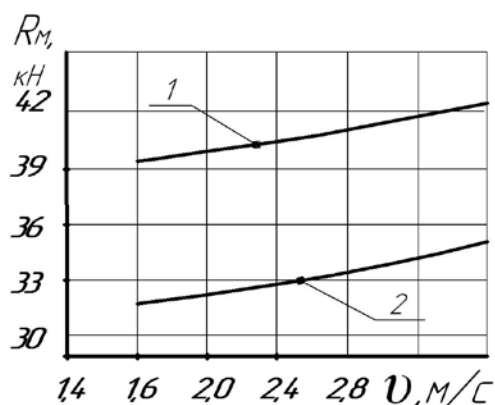


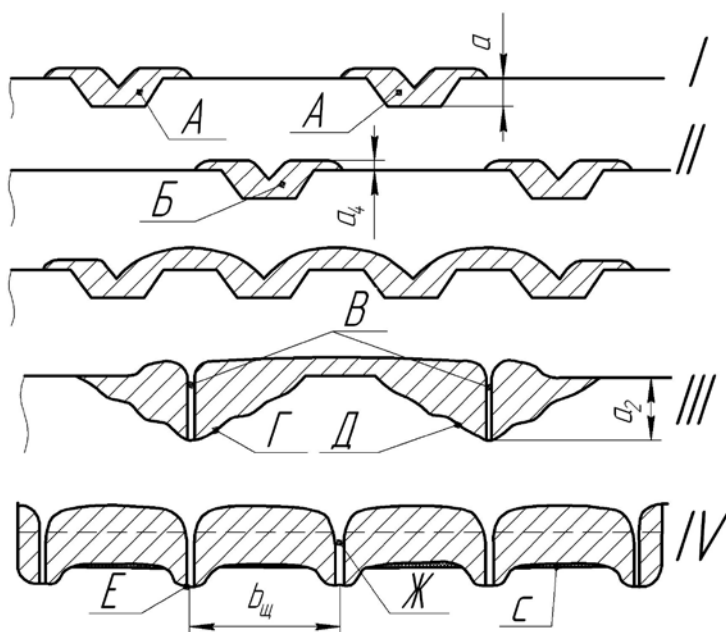
Рисунок 2 – Зависимость тягового сопротивления ПБК-4,8(Ч) R_M от скорости движения v :
1 – в полной комплектации;
2 – при исключении третьего ряда рабочих органов

Следовательно, резервом снижения тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч) является изменение технологического процесса обработки почвы за счет взаимодействия рабочих органов с пахотным слоем.

Исследования технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого ПБК-4,8(Ч), показали, что в мульчирующем слое образуются гребни, нарушающие его слитность и отрицательно влияющие на сохранение влаги и разложение заделанных растительных остатков. Из-за большого расстояния между чизельными рабочими органами ($b_4 = 0,9$ м) снижается эффективность разрушения «плужной подошвы» и почвоуглубления.

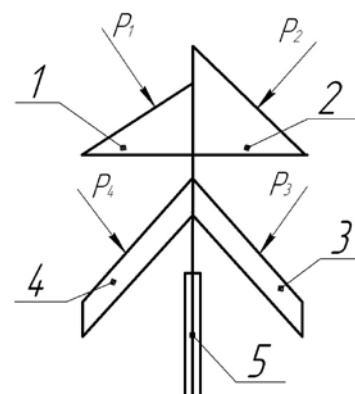
Для устранения этих недостатков разработан усовершенствованный технологический процесс (рисунок 3). Он включает в себя рыхление и перемещение верхней части обрабатываемого пласта с образованием углублений *A* на глубину *a* до 15 см. При этом на поверхности поля формируется гребень высотой $a_4 = 5$ см. Затем процесс повторяется с образованием углублений *B*. Далее производится рыхление почвы и образование углублений *Г*, *Д* и *Е* щелей *Ж* на глубину $a_2 = 30$ см. Интенсивность перемешивания при этом значительно возрастает за счет перемещений почвы из этих щелей и углублений. В результате образуется слитный мульчирующий слой, а степень разрушения плужной подошвы *С* возрастает.

Рисунок 3 – Схема выполнения усовершенствованного технологического процесса основной обработки почвы:
 I, II – подрезание, рыхление на глубину $a = 15$ см и перемещение верхней части пласта на необработанную часть поля с формированием гребней из раскрошенной почвы и растительных остатков высотой a_4 до 5 см;
 III, IV – рыхление пахотного горизонта с углублением ($a_2 = 30$ см); $b_{щ}$ – расстояние между серединами щелей; *С* – плужная подошва



На основании схемы усовершенствованного технологического процесса (см. рис. 3) и схемы ПБК-4,8(Ч) (см. рис. 1) были разработаны принципиальные схемы модернизированных комбинированного рабочего органа (рисунок 4) и почвообрабатывающего орудия (рисунок 5) с учетом параметров l , l_2 , b , b_1 , b_2 , соответствующих параметрам ПБК-4,8(Ч).

Рисунок 4 – Принципиальная схема комбинированного (рыхлительного) рабочего органа: 1 – левый лемех; 2 – правый лемех; 3 – правосторонний отвал; 4 – левосторонний отвал; 5 – стойка



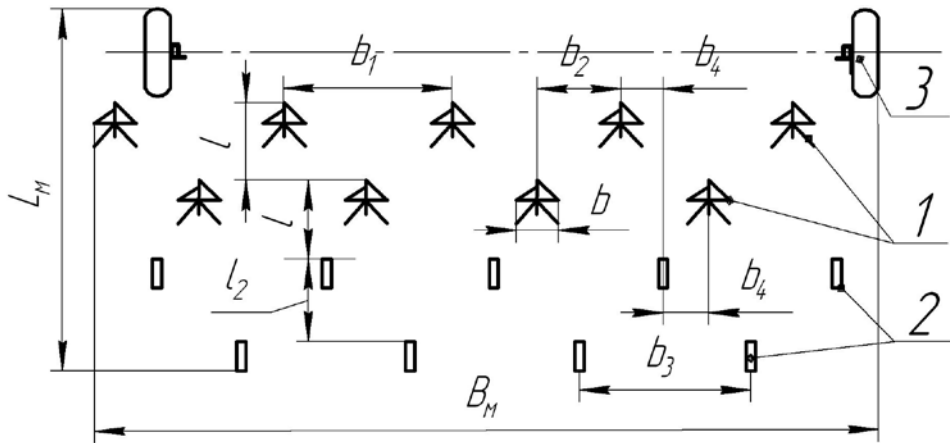


Рисунок 5 – Принципиальная схема модернизированного почвообрабатывающего орудия: 1 – рыхлительные рабочие органы; 2 – чизельные рабочие органы; 3 – опорное колесо; b_4 – расстояние между рыхлительными и чизельными рабочими органами в направлении движения агрегата

При движении пахотного агрегата должно выполняться условие:

$$P_{кр} = R_M; \quad v_{тр} = v,$$

(3)

где $P_{кр}$ – тяговое усилие трактора, кН; $v_{тр}$ – скорость движения трактора, м/с; v – скорость движения орудия, м/с.

На основании условия (3) определим ширину захвата почвообрабатывающего орудия. При этом принимаем, что это орудие, как и ПБК-4,8(Ч), агрегируется с трактором тягового класса 5.

С использованием зависимости тягового сопротивления рыхлительного и чизельного рабочих органов от скорости движения были получены эмпирические выражения для определения тягового сопротивления рыхлительного рабочего органа с учетом левого отвала:

$$R_p = 0,0085v^2 - 0,0002v + 1,9414 \quad (4)$$

и чизельного рабочего органа:

$$R_ч = 0,0535v^2 - 0,001v + 2,7506. \quad (5)$$

Тогда тяговое сопротивление почвообрабатывающего орудия при $b = b_4$ (см. рис. 6) и согласно схеме (см. рис. 5):

$$R_M = z_p R_p + z_ч R_ч \quad (6)$$

или

$$R_M = z_p (0,0085v^2 - 0,0002v + 1,9414) + z_ч (0,0535v^2 - 0,001v + 2,7506), \quad (7)$$

где $z_p, z_{\text{ч}}$ – соответственно количество рыхлительных и чизельных рабочих органов, шт.

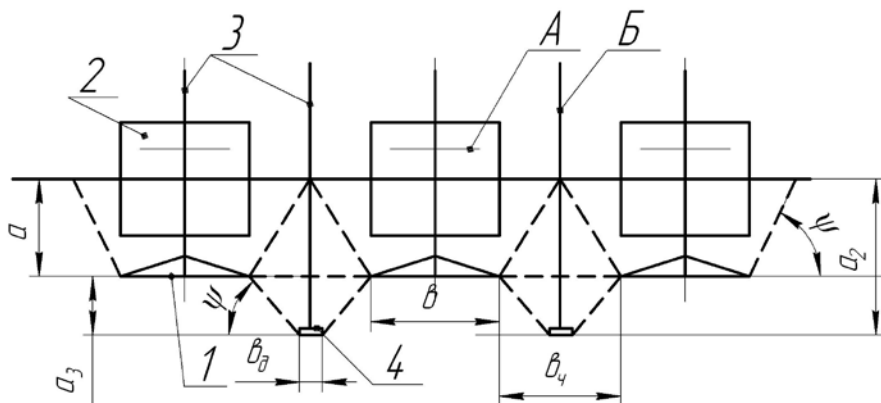


Рисунок 6 – Схема взаимодействия рыхлительного А и чизельного Б рабочих органов модернизированного почвообрабатывающего орудия с обрабатываемым слоем почвы:

1 – стрельчатая лапа; 2 – двухсторонний отвал; 3 – стойка; 4 – долото

Использование тяговой характеристики трактора К-701 при работе на стерневом фоне и аппроксимация ее по способу наименьших квадратов позволили получить эмпирическую зависимость изменения тягового усилия $P_{\text{кр}}$ трактора от скорости агрегата:

$$P_{\text{кр}} = 38,627 + 35,743v_{\text{тр}} - 11,523v_{\text{тр}}^2. \quad (8)$$

Если принять количество рыхлительных и чизельных рабочих органов равным, т. е. $z_p = z_{\text{ч}}$, то из выражения (7) следует:

$$R_m = z_p (0,062v^2 - 0,0012v + 4,692). \quad (9)$$

Тогда на основании условия (3):

$$38,627 + 35,743v - 11,523v^2 = z_p(0,062v^2 - 0,0612v + 4,692), \quad (10)$$

откуда:

$$z_p = (38,627 + 35,743v - 11,523v^2) / (0,062v^2 - 0,0612v + 4,692). \quad (11)$$

Анализ выражения (11) показывает, что количество рабочих органов зависит от скорости движения пахотного агрегата. Поэтому уравнение (10) целесообразно решить графоаналитическим методом, при этом необходимо задаться количеством рабочих органов. На основе представленных зависимостей (рисунок 7) для

рациональной загрузки трактора на скорости до 2,8 м/с количество рабочих органов почвообрабатывающего орудия принимаем $z_p = 9$ и $z_{ч} = 9$.

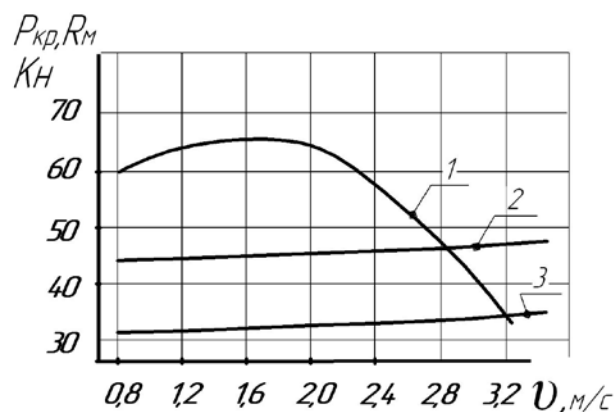


Рисунок 7 – Зависимости тягового усилия трактора (К-701) $P_{кр}$ и тягового сопротивления модернизированного почвообрабатывающего орудия R_m от скорости движения v агрегата; 1 – потенциальная характеристика трактора К-701; 2 – $z_p = 9$; $z_{ч} = 9$; 3 – $z_p = 7$; $z_{ч} = 7$

Тогда рабочая ширина захвата модернизированного почвообрабатывающего орудия при $b = b_4 = 0,35$ м (см. рис. 6) составляет 6,3 м.

Анализ схемы (см. рис. 5) показывает, что ряды рыхлительных и чизельных рабочих органов сдвинуты относительно друг друга. Это вызывает поперечную силу, нарушающую горизонтальную устойчивость орудия. Для устойчивого перемещения почвообрабатывающего орудия в горизонтальной плоскости необходимо выполнение условия равенства моментов сил относительно точки прицепа трактора:

$$\sum M_{при} = \sum M_{леви}, \quad (12)$$

где $\sum M_{при}$, $\sum M_{леви}$ – сумма моментов сил сопротивлений почвы на рабочих органах, расположенных соответственно с правой и левой стороны, Н·м.

На основании схемы (рисунок 8) и уравнения (12) получим:

$$\begin{aligned} R_{ч}(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5) + R_p(l_{10} + l_{11} + l_{12} + l_{13}) = \\ = R_{ч}(l_6 + l_7 + l_8 + l_9) + R_p(l_{14} + l_{15} + l_{16} + l_{17} + l_{18}), \end{aligned} \quad (13)$$

где $l_1, l_2, l_3, l_4, \dots, l_{18}$ – плечи сил сопротивления на рабочих органах, м.

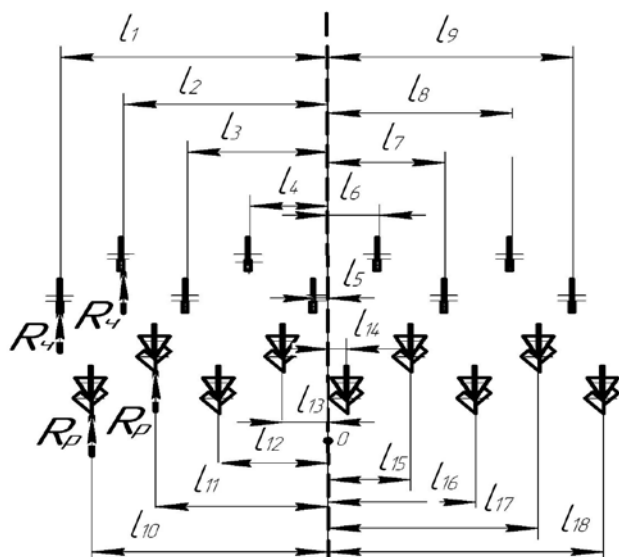


Рисунок 8 – Схема для определения условия равновесия модернизированного почвообрабатывающего орудия в горизонтальной плоскости; O – точка прицепа трактора

В результате исследований установлено, что линия тяги трактора должна проходить с левой стороны от пятого чизельного рабочего органа третьего ряда, при этом $l_5 = 15$ мм.

На основании анализа схем (см. рис. 4, 5, 6, 8) была разработана конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 (рисунок 9), уточнены конструкции рыхлительного и чизельного рабочих органов и их основные параметры.

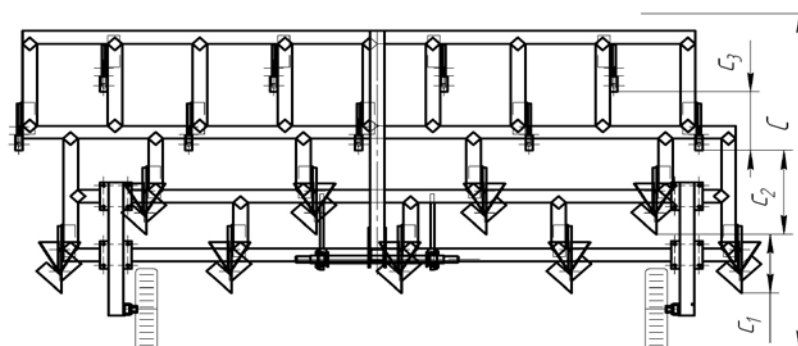
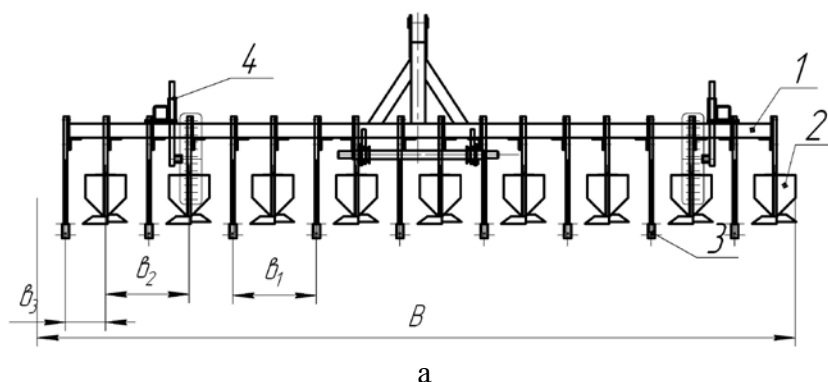


Рисунок 9 – Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6: 1 – рама; 2 – чизельный рабочий орган; 3 – рыхлительный рабочий орган; 4 – опорное колесо с механизмом регулировки глубины; а – вид спереди;

b – вид сверху; c_1 – расстояние между рыхлительными рабочими органами по ходу (0,6 м); c_2 – расстояние между рыхлительными и чизельными рабочими органами по ходу (0,7 м); c_3 – расстояние между чизельными рабочими органами по ходу (0,6 м); b – ширина захвата орудия (6,3 м); b_1 – расстояние между чизельными рабочими органами в ряду (0,7 м); b_2 – расстояние между рыхлительными рабочими органами в ряду (0,7 м); b_3 – расстояние между рыхлительными и чизельными рабочими органами в ряду (0,7 м); d – разница глубины обработки рыхлительными и чизельными рабочими органами (0,15 м)

Производительность $W_{\text{ч}}$ пахотного агрегата с КОМБИ-6:

$$W_{\text{ч}} = 0,36 (9b_p + 8b_{\text{ч}} + 2\Delta b + b_{\text{д}})v, \quad (14)$$

где b_p , $b_{\text{ч}}$, $b_{\text{д}}$ – ширина захвата соответственно рыхлительного, чизельного рабочего органа и чизельного долота, м; Δb – расстояние между проходами соседних агрегатов, м.

С учетом выражений (9) и (14) энергоёмкость \mathcal{E} технологического процесса основной обработки почвы можно определить по формуле:

$$\mathcal{E} = [(0,062v^2 - 0,0012v + 4,692)n_p] / 0,36(9b_p + 8b_{\text{ч}} + 2\Delta b + b_{\text{д}}). \quad (15)$$

На рисунке 10 представлена зависимость энергоёмкости технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого пахотными агрегатами К-744Р1 + ПБК-4,8(Ч) и К-744Р1 + КОМБИ-6, от скорости их движения.

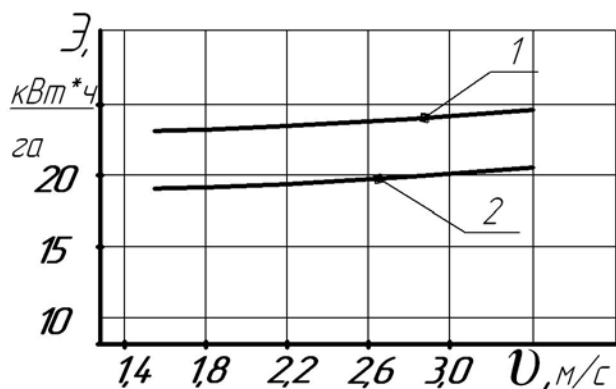


Рисунок 10 – Зависимость энергоёмкости технологического процесса основной обработки почвы от скорости движения пахотных агрегатов:

- 1 – К-744Р1 + ПБК-4,8(Ч);
- 2 – К-744Р1 + КОМБИ-6

Из анализа графических зависимостей (см. рис. 10) видно, что энергоёмкость изменяется по нелинейной закономерности, а энергоёмкость КОМБИ-6 на 15 % меньше, чем ПБК-4,8(Ч).

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» представлены программа экспериментальных исследований, описание оборудования, применяемого в лабораторно-полевых исследованиях, и методика исследований.

При проведении лабораторно-полевых исследований на полях, находящихся в зоне деятельности ФГУ «Поволжская МИС» Самарской области, и в хозяйствах Саратовской области руководствовались методиками Поволжской МИС и методиками, изложенными в СТО АИСТ, ОСТ 10 4.1–2001, ОСТ 10 2.2–2002, ГОСТ 24057–88 «Испытания сельскохозяйственной техники». Условия проведения испытаний определяли согласно ГОСТ 20915–75.

В четвертой главе «*Результаты и анализ исследований усовершенствованного технологического процесса, выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6*» представлены результаты лабораторно-полевых исследований технологического процесса, качественные, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели технологического процесса, выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6.

Лабораторно-полевые исследования технологического процесса глубокой основной обработки почвы проводили в 2011–2012 гг. на Поволжской МИС (Самарская область, Кинельский р-н, п. Усть-Кинельский) и на полях Поволжского НИИСС (Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства). Установлено, что КОМБИ-6 (рисунок 11) выполняет усовершенствованный технологический процесс глубокой основной обработки почвы с качеством, удовлетворяющим агротехническим требованиям.



Рисунок 11 – Почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 для основной обработки почвы

Исследования проводили на черноземе обыкновенном среднесуглинистом по стерне озимой пшеницы на двух фонах. Влажность почвы в слое 0–40 см на первом фоне 22,0–14,0 %, на втором – 22,9–22,1 %. Твердость почвы – соответственно 1,6–4,5 и 1,1–1,6 МПа. Высота растительных и пожнивных остатков – 17,0 см (фон 1) и 26,6 см (фон 2). Поля были ровными, микрорельеф – средневыраженный. Экспериментальное почвообрабатывающее орудие агрегатировалось с трактором К-701.

Агротехнические показатели лабораторно-полевых исследований технологического процесса, выполняемого пахотным агрегатом К-701 + КОМБИ-6 при работе на фонах 1 и 2, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Агротехнические показатели технологического процесса, выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6

Показатель	Фон 1		Фон 2	
	Скорость движения, м/с	1,47	1,72	1,8
Рабочая ширина захвата, м	6,3		6,3	
Глубина обработки, см				
рыхлительные рабочие органы	24,5	23,8	15,7	16,7
чизельные рабочие органы	35,8	36,4	30,0	30,0
Среднеквадратичное отклонение, ± см				
рыхлительные рабочие органы	1,9	1,6	1,6	1,4
чизельные рабочие органы	1,9	1,5	1,8	1,7
Крошение почвы (размер фракций до 50 мм), %, не менее	92,8	92,1	91,8	92,2
Глубина борозд, см, не более	13,0	12,1	9,9	11,9
Подрезание сорных растений и пожнивных остатков, %	96,7	96,9	100	
Сохранность стерни, %, не менее	29,8	29,7	29,6	28,9
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось			

Из таблицы 1 видно, что при высокой степени крошения почвы качество обработки КОМБИ-6 по основным показателям отвечает агротехническим требованиям.

Исследования профиля обработанного слоя почвы показали, что на дне обработанного слоя образуются углубления и гребни, форма которых полностью соответствует схеме усовершенствованного технологического процесса. Также в результате исследований было установлено, что борозды, образующиеся за чизельными рабочими органами, переходят в неявно выраженные щели, которые заканчиваются на дне обработанного слоя почвы.

Энергетическую оценку технологического процесса глубокой основной обработки почвы, выполняемого орудием КОМБИ-6, проводили с целью проверки результатов теоретических исследований и определения энергетических показателей на соответствие мощностным характеристикам тракторов тягового класса 5 (рисунки 12 и 13).

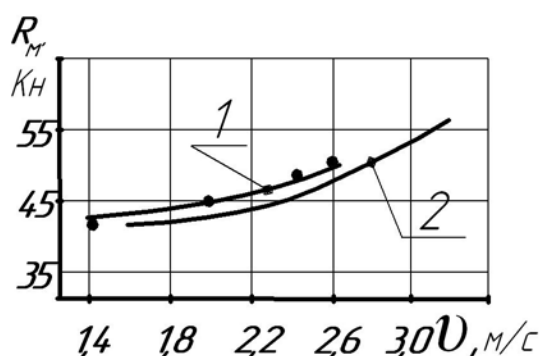


Рисунок 12. Зависимость тягового сопротивления R_m КОМБИ-6 от скорости движения агрегата v . Установочная глубина обработки

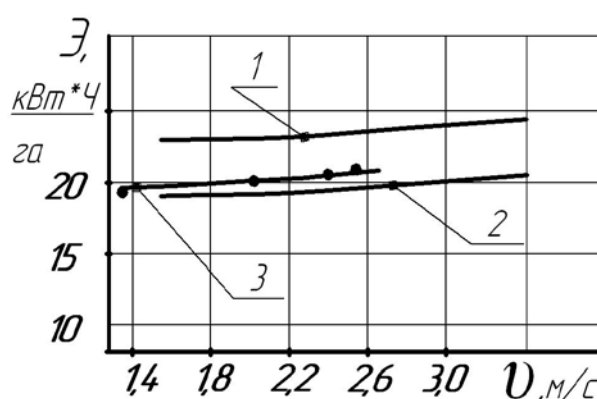


Рисунок 13. Зависимости энергоемкости почвообрабатывающих орудий от скорости движения пахотного агрегата v ; 1 – теоретическая

почвы по рыхлительным рабочим органам 15 см, по чизельным – 30 см;
1 – экспериментальная зависимость;
2 – теоретическая зависимость

зависимость (ПБК-4,8(Ч));
2 – теоретическая зависимость (КОМБИ-6); 3 – экспериментальная зависимость (КОМБИ-6)

В результате экспериментальных исследований было установлено, что тяговое сопротивление КОМБИ-6 при изменении скорости агрегата с 1,37 до 2,52 м/с составляет 42,3–51,4кН, что соответствует тяговым характеристикам трактора тягового класса 5.

Из рисунков 2 и 13 видно, что экспериментальные и расчетные тяговые сопротивления и энергоемкость почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 имеют одинаковую закономерность и нелинейно изменяются в зависимости от скорости движения. Это соответствует результатам теоретических исследований. Закономерность изменения экспериментальных и теоретических зависимостей на основании критерия χ^2 согласуется с доверительной вероятностью 0,95.

В пятой главе «Исследование эффективности применения почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 и его экономическая оценка» представлены результаты производственных испытаний почвообрабатывающего орудия, эксплуатационно-технологические показатели работы агрегата К-701 + КОМБИ-6, результаты его внедрения и расчет экономической эффективности.

Эксплуатационно-технологические показатели работы пахотного агрегата К-701 + КОМБИ-6 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эксплуатационно-технологические показатели работы почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6, агрегируемого с трактором К-701

Показатель	Фон 1	Фон 2
Скорость движения, м/с	2,4	1,52
Рабочая ширина захвата, м	6,3	6,3
Глубина обработки рабочими органами, м		
рыхлительными	16,4	19,4
чизельными	31,0	35,8
Производительность за 1 ч основного времени, га	5,54	3,47
Расход топлива за время сменной работы, кг/га	9,34	15,02
Коэффициент использования сменного времени	0,79	0,80
Сохранность стерни, %, не менее	29,1	29,7
Гребнистость поверхности почвы, см, не более	11,3	13,1
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось	

В 2012 г. в хозяйствах ООО «Октябрьское» Перелюбского района Саратовской области было обработано поле площадью 540 га, при этом часовая производительность составила 3,5-4,9 га, расход топлива 10–13 кг/га. В

К(Ф)Х «Одиноква И.К.» Лысогорского района Саратовской области было обработано 620 га пашни.

Показатели экономической эффективности использования пахотных агрегатов К-701 + ПБК-4,8 (Ч) и К-701 + КОМБИ-6 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели экономической эффективности применения пахотных агрегатов К-701 + ПБК-4,8 (Ч) и К-701 + КОМБИ-6

Показатель	Пахотный агрегат	
	К-701 + ПБК-4,8(Ч)	К-701 + КОМБИ-6
Затраты труда, чел.-ч/га	0,37	0,28
Снижение затрат труда, %		24,3
Себестоимость работ, руб./га	1122	886
Снижение себестоимости, %		21,0
Годовая экономия затрат, руб.		428873
Срок окупаемости, лет		0,9

Расчет экономической эффективности применения КОМБИ-6 выполнен в ценах 2013 г.

Из табл. 3 видно, что себестоимость основной обработки почвы предлагаемым почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6 на 21,0 % ниже, чем базовым ПБК-4,8(Ч). Разница в полных затратах средств способствовала получению годового приведенного экономического эффекта для модернизированного почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 в размере 428,873 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ работы почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч) в комплектации одиннадцатью рыхлительными рабочими органами, расположенными в два ряда, и пятью чизельными рабочими органами, расположенными в один ряд за вторым рядом рыхлительных рабочих органов, показал, что возможно снижение тягового сопротивления орудия в сравнении с базовой комплектацией. Полученные результаты использованы при разработке усовершенствованного технологического процесса глубокой основной обработки почвы. Для его выполнения произведена модернизация ПБК-4,8(Ч) путем совершенствования комбинированного рабочего органа, изменения количества и расстановки комбинированных и чизельных рабочих органов (КОМБИ-6). Основные параметры и показатели работы почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 определяли по методике с использованием разработанных эмпирических и аналитических зависимостей. Совершенствование технологического процесса выполняемого КОМБИ-6, обеспечило повышение производительности труда и снижение энергоемкости на пахотных работах.

2. Усовершенствован технологический процесс глубокой основной обработки почвы путем одновременного образования сплошного мульчирующего слоя на глубину 5–7 см, крошения почвы на глубину до 15 см и почвоуглубления до 30 см с разрушением «плужной подошвы». При этом в полученных углублениях, находящихся на расстоянии 70 см друг от друга, образуются щели для проникновения влаги.

3. Теоретически обоснована конструктивно-технологическая схема модернизированного почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 для глубокой основной обработки почвы. Орудие в составе агрегата с тракторами тягового класса 5 включает в себя девять рыхлительных рабочих органов с шириной захвата 0,35 м и девять чизельных рабочих органов, установленных на раме орудия в четыре ряда. Рассчитаны параметры КОМБИ-6: ширина захвата 6,3 м; расстояние между рабочими органами по ходу движения 0,35 м, при глубине работы рыхлительных рабочих органов 15 см, чизельных – 30 см.

4. Установлено, что энергоемкость технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого модернизированным почвообрабатывающим орудием на скорости движения 1,6...3,0 м/с, составляет 19,2...20,8 кВт·ч/га. Удельное тяговое сопротивление модернизированного почвообрабатывающего орудия меньше на 15 %, а энергоемкость процесса пахотного агрегата К-744Р1 + КОМБИ-6 на 14,4–15,8 % ниже, чем агрегата К-744Р1 + ПБК-4,8(Ч).

5. При обработке почвы по усовершенствованному технологическому процессу модернизированным почвообрабатывающим орудием качественные показатели обработки почвы соответствуют агротехническим требованиям, предъявляемым к основной глубокой обработке почвы, а тяговое сопротивление при изменении скорости движения агрегата в пределах 1,37–2,52 м/с составляет 42,3–51,4 кН, что соответствует характеристикам трактора тягового класса 5. Закономерности изменения теоретических зависимостей тягового сопротивления и энергоемкости от скорости движения агрегата с высокой вероятностью совпадают с экспериментальными зависимостями и на основании критерия χ^2 согласуются с доверительной вероятностью 0,95.

6. Исследования эффективности применения модернизированного почвообрабатывающего орудия в хозяйственных условиях на разных фонах показали, что орудие в комплектации с трактором К-701 обеспечивает часовую производительность 5,54 и 3,47 га, при этом расход топлива – соответственно 9,34 и 15,02 кг/га. Годовой экономический эффект от применения почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 составляет 428,873 тыс. руб.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК
Министерства образования и науки РФ*

1. *Чернышкин, В. В.* Резервы снижения тягового сопротивления комбинированного почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч) / В. М. Бойков, С. В. Старцев, В. В. Чернышкин // Научное обозрение. – 2012. – № 6. – С. 183–186. (0,5/0,3 печ. л.).

2. *Чернышкин, В. В.* Результаты экспериментальных исследований почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 / В. М. Бойков, С. В. Старцев, В. В. Чернышкин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2012. – № 12. – С. 45–47. (0,25/0,15 печ. л.).

3. *Чернышкин, В. В.* Модернизированный технологический процесс основной обработки почвы / В. М. Бойков, С. В. Старцев, В. В. Чернышкин // Научное обозрение. – 2013. – № 1. – С. 76–80. (0,5/0,3 печ. л.).

Публикации в других изданиях

4. *Чернышкин, В. В.* Анализ агротехнических требований, предъявляемых к почвообрабатывающим орудиям для выполнения основной зяблевой обработки почвы / В. В. Чернышкин // Проблемы эксплуатации и ремонта автотракторной техники : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г. П. Шаронова. – Саратов : КУБиК, 2012. – С. 39–41. (0,12/0,12 печ. л.).

5. *Чернышкин, В. В.* Направление совершенствования технологии основной зяблевой обработки почвы / В. М. Бойков, С. В. Старцев, В. В. Чернышкин // Проблемы эксплуатации и ремонта автотракторной техники : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г. П. Шаронова. – Саратов : КУБиК, 2012. – С. 184–186. (0,12/0,07 печ. л.).

6. *Чернышкин, В. В.* Резервы снижения тягового сопротивления комбинированного почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8(Ч) / В. М. Бойков, С. В. Старцев, В. В. Чернышкин // Materialy VIII Mezinarodni vedecko-practika conference «Vedecky prumysl evropskeho kontinentu – 2012». – Dil. 22. Zemedelstvi: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. – S. 6–10. (0,26/0,16 печ. л.).

Подписано в печать 19.11.13 Формат 60×84 1/16

Печ. л. 1,0 Тираж 100 Заказ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
410012, Саратов, Театральная