

На правах рукописи

БОЖКО ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО
РЫХЛИТЕЛЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ
ПОСЛОЙНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (ФГБНУ СКНИИМЭСХ)

Научный руководитель кандидат технических наук,
Пархоменко Галина Геннадьевна

Официальные оппоненты **Сохт Казбек Аюбович**
доктор технических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», кафедра «Процессы и машины в агробизнесе», профессор
Несмиян Андрей Юрьевич
кандидат технических наук, доцент
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», кафедра «Механизация растениеводства», заведующий

Ведущая организация ФГБУ «Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция»
(г. Зерноград)

Защита состоится «6» мая 2015 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, КубГАУ, корпус факультета энергетики и электрификации, ауд. №4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, КубГАУ и на сайте <http://kubsau.ru>.

Автореферат разослан «__» марта 2015 года и размещен на официальном сайте ВАК РФ <http://vak2.ed.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» <http://kubsau.ru>.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук.
Курасов Владимир Станиславович



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В соответствии с Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы, учитывая тенденции развития сельскохозяйственных машин и агрегатов, следует отметить, что применение безотвального рыхления позволяет экономить энергоресурсы, способствует предотвращению водной и ветровой эрозии, улучшает структурный состав почвы, а также повышает её плодородие.

Известные рабочие органы для безотвальной обработки почвы не позволяют интенсифицировать все факторы, обеспечивающие повышение и воспроизводство эффективного плодородия в засушливых условиях. Наиболее полно этого можно достичь применением рабочего органа, разуплотняющего нижние горизонты, обеспечивающего дифференциальное крошение слоев почвы, создающего мульчированный слой на поверхности и осуществляющего послойное безотвальное рыхление. При этом улучшается структура почвы, влагонакопление и аэрация пласта, что активизирует процессы нитрификации и позволит растению использовать дополнительные питательные вещества.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ. Исследования проводились в период с 2011 по 2014 годы в соответствии с планом НИР отдела механизации полеводства ФГБНУ СКНИИМЭСХ №0708-2014-0004 по пункту 24 «Фундаментальные проблемы и принципы разработки интенсивных технологий и энергонасыщенной техники нового поколения производства основных групп продовольствия».

Цель исследований. Совершенствование технологического процесса рабочего органа для послойной безот-

вальной обработки почвы путем обоснования параметров эллиптического рыхлителя.

Объект исследований. Технологический процесс рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы с эллиптическим рыхлителем.

Предмет исследований. Взаимосвязь параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа с показателями технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы и физико-механическими свойствами обрабатываемой среды.

Научная новизна. Получены закономерности, раскрывающие влияние параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа, с физико-механическими свойствами обрабатываемой среды и показателями технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы.

Методика исследований. Применялись методы сравнения, монографического обследования, эксперимент; использовались основные положения теоретической механики, физической математики, статистики.

Рабочая гипотеза. Совершенствование технологического процесса рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы осуществляется путем выбора параметров эллиптического рыхлителя в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемой среды и требуемых показателей.

Достоверность результатов работы подтверждена экспериментальными исследованиями, положительными результатами предварительных испытаний и эксплуатации рабочего органа с эллиптическим рыхлителем для послойной безотвальной обработки почвы.

Практическая значимость. Разработан технологический процесс послойной безотвальной обработки почвы, реализованный посредством применения рабочего органа с

эллиптическим рыхлителем, который защищен патентом РФ на полезную модель № 139415, позволяющий повысить качество рыхления при минимальных затратах энергии.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и одобрены к публикации на Международной научно-практической конференции в рамках 17-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2014», г. Ростов-на-Дону (2014г.), на научной конференции ФГБНУ СКНИИМЭСХ, г. зерноград (2014г), на научной конференции ИТНО-2014, п. Дивноморское (2014г.), в ОрелГАУ, г. Орел (2014г.), на Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО КубГАУ, г. Краснодар (2013г.), в ГОСНИТИ, г. Москва (2014г.), в ВИМ, г. Москва (2014г.), а также на зарубежных конференциях в Беларуси, г. Минск (2014г.), и Чехии, г. Прага (2014 г.).

На защиту выносятся:

- конструктивно-технологическая схема эллиптического рыхлителя рабочего органа для послышной безотвальной обработки почвы;

- зависимости, раскрывающие взаимосвязь параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа с показателями технологического процесса послышной безотвальной обработки почвы и физико-механическими свойствами обрабатываемой среды;

- методика инженерного расчета эллиптического рыхлителя рабочего органа для осуществления технологического процесса послышной безотвальной обработки почвы.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 15 печатных работ, в том числе две работы в изданиях из перечня ВАК и два патента РФ. Общий объем публикаций составляет 5 п.л., из которого личная доля автора составляет 4,1 п.л.

Реализация результатов исследования. Экспериментальные образцы рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы прошли производственную проверку в колхозе им. Ворошилова Труновского района, Ставропольского края. Результаты исследований приняты к использованию ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы включающего 130 наименований и приложения. Диссертация изложена на 177 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков и 20 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении приведена актуальность и обоснование направления исследования, изложены научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены существующие способы послойной безотвальной обработки почвы, проведен анализ существующих рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы, анализ теоретических исследований по обоснованию параметров рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы.

Проведенный анализ исследований в этой области позволяет отметить, что многие ученые занимались вопросом безотвальной обработки почвы: В.В. Докучаев, П.А. Костычев, А.А. Измаильский, Н.М. Тулайков, И.Е. Овсинский, В.В. Петрушенко, И.Б. Ревут, А.Н. Гудков, Р.М. Галлямов, А.И. Бараев, В.Б. Рыков. В ФГБНУ СКНИИМЭСХ основателями данного направления являются А.С. Кириченко, В.Г. Осенний, П.О. Зинчук и другие ученые. Далее это направ-

ление было развито в работах И.С. Терещенко, В.А Лаврухина (отвальная ярусная обработка), В.А. Богомягих, В.И. Боготопова, В.Б. Рыкова, В.И. Таранина, В.Н. Щирова, Г.Г. Пархоменко.

В результате анализа существующих рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы было установлено, что существующие рабочие органы имеют ряд недостатков, обусловленных несовершенством технологического процесса, приводящим к снижению качественных показателей и повышенным затратам энергии в засушливых условиях.

В засушливых условиях следует формировать влагонакопительный слой внутри пласта посредством послойной безотвальной обработки почвы. Исходя из анализа тенденций развития объекта «безотвальный рабочий орган» следует, что рыхлители для мелкой и глубокой обработки почвы целесообразно совмещать на единой наклонной стойке, а форму режущей кромки выполнять криволинейной для снижения энергозатрат. Указанным требованиям соответствует рабочий орган КАО-2, принятый за прототип, имеющий однако ряд недостатков, к которым относится несовершенство конструкции плоскорезного рыхлителя для мелкой обработки почвы.

Проведенный анализ позволил сформулировать цель исследований.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

- обосновать конструктивно – технологическую схему эллиптического рыхлителя рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы;
- получить зависимости, раскрывающие взаимосвязь параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа с показателями технологического процесса послойной безот-

вальной обработки почвы и физико-механическими свойствами обрабатываемой среды;

- провести экспериментальные исследования технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы рабочим органом с эллиптическим рыхлителем;

- разработать методику инженерного расчета эллиптического рыхлителя рабочего органа для осуществления технологического процесса послойной безотвальной обработки почвы;

- определить экономическую эффективность применения рабочего органа с эллиптическим рыхлителем.

Во второй главе приведено обоснование конструктивно-технологической схемы предлагаемого рабочего органа и получены аналитические зависимости, характеризующие взаимосвязь физико-механических свойств обрабатываемой среды с параметрами эллиптического рыхлителя рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы.

Целесообразность и необходимость разработки рыхлителя для мелкой обработки подтверждается исследованиями структурного состава почвы после чизелевания рабочими органами в виде стойки с долотом. Данные сравнения количества агрономически ценных агрегатов до и после чизелевания на глубину 34 см свидетельствуют о том, что структура почвы ухудшается после обработки в слое 5-15 см (с 72,0 до 41,0 %) и улучшается в слое 25-35 см (с 75,0 до 83,4 %), оставаясь практически неизменной в среднем слое (64,9-66,9 %). Таким образом, улучшить структуру пласта можно при использовании в конструкции чизельного рабочего органа рыхлителя для мелкой обработки почвы (на глубину до 16 см). Исследования показали, что термодиффузионные потоки влаги от верхних и от нижних слоев соединяются на глубине 10-15 см. На этой глубине и образу-

ется влагонакопительный слой, обеспечивая влагой зерновые культуры в засушливый период.

Указанный диапазон обработки выполняется установленным в верхней части стойки рабочего органа КАО-2 плоскорезным рыхлителем, который в силу несовершенства конструкции функционирует в ранее разрушенном слое почвы, что нерационально.

Согласно проведенным исследованиям, эллипс является наилучшей кривой, обладающей свойством *min*. По теории Мора, в плоскости сдвига сила резания и тяговое сопротивление минимальны.

Эллипс образуется при проектировании кольца в форме окружности на плоскость сдвига почвы, где усилие резания рабочим органом наименьшее. Тем самым достигается наименьшее тяговое сопротивление эллиптического рыхлителя, коэффициент сжатия ($k_{сж}$) которого определяется по формуле:

$$k_{сж} = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{(\beta + \varphi + \rho)}{2}\right) = \left|\sin\left(\frac{\beta + \varphi + \rho}{2}\right)\right|, \quad (1)$$

где β - угол крошения, град; φ - угол внешнего трения рабочего органа о почву, град; ρ - угол внутреннего трения почвы о почву, град.

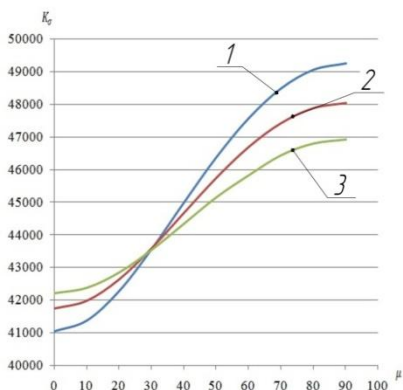
На основании определения поля напряжений по периметру эллиптической трещины получено выражение (2) для определения коэффициента интенсивности напряжений, возникающих по периметру пласта почвы эллиптической конфигурации при взаимодействии с рыхлителем:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma\sqrt{\pi a}}{\frac{\pi}{8}\left(3 + \sin^2\frac{\beta + \varphi + \rho}{2}\right)} \sqrt{\sin^2\mu + \left|\sin^2\frac{\beta + \varphi + \rho}{2}\right| \cdot \cos^2\mu}, \quad (2)$$

где α - требуемая глубина обработки почвы эллиптическим рыхлителем; μ - полярная координата точки на периметре эллипса.

Анализ графика (рисунок 1) свидетельствует о том, что наибольшая интенсивность напряжений локализована на концах малой оси эллипса ($\mu = 90^\circ$), а наименьшая – на концах большой оси ($\mu = 0^\circ$). Причем рост интенсивности напряжений неравномерный: наибольший приходится на область $\mu = 30^\circ - 60^\circ$, наименьший при $\mu = 0^\circ - 10^\circ$, $\mu = 80^\circ - 90^\circ$. При форме рабочего органа в виде эллипса, зона интенсивности напряжений ($\mu = 30^\circ - 60^\circ$) шире, чем у округлой режущей кромки, а в области закруглений создаются менее энергоемкие деформации изгиба и растяжения, что отсутствует у плоскореза.

Анализ силового взаимодействия рабочего органа с пластом (рисунок 2) позволил установить соотношение $\frac{P_Z}{P_X} > 0$, при котором усилие со стороны почвы способствуют его заглублению.



1 – $\beta=15^\circ$, 2 – $\beta=25^\circ$, 3 – $\beta=35^\circ$
 Рисунок 1 – Зависимость коэффициента интенсивности напряжений по периметру эллиптического рыхлителя от параметров рабочего органа

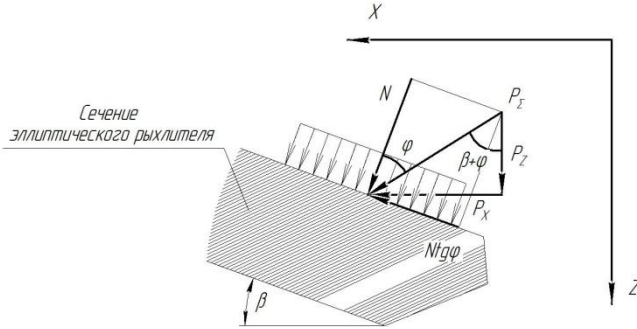


Рисунок 2 – Силовое взаимодействие режущей кромки эллиптического рыхлителя с почвой

$$P_x = P_z \cdot \sin(\beta + \varphi) = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\beta + \varphi), \quad P_z = P_z \cdot \cos(\beta + \varphi) = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \cos(\beta + \varphi), \quad (3)$$

$$\frac{P_x}{P_z} = \operatorname{ctg}(\beta + \varphi) \quad (4)$$

Анализируя полученное выражение (4) следует отметить, что $\frac{P_x}{P_z}$ положительно при $\beta < \pi - \varphi$ и отрицательно при $\beta > \pi - \varphi$.

С учетом угла заострения режущей кромки (i) заглубление рабочего органа осуществляется при условии

$$\beta < \pi - \varphi - i \quad (5)$$

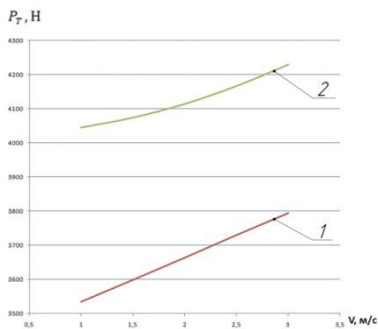
Для оценки энергозатрат на основании формулы В.П. Горячкина, получили зависимость для определения тягового сопротивления предлагаемого рабочего органа (6).

$$P_T = fG + (K + \varepsilon^2) \left(L b_g \sin \beta + \frac{b_g + b_p}{2} (L - L') \sin \beta + \pi \frac{b_g^2}{8} \cdot \left| \sin \frac{\beta + \varphi + \rho}{2} \right| \cos \alpha_3 \right), \quad (6)$$

где f , K , ε – коэффициенты трения, сопротивления деформации и свойств почвы, соответственно.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что график $P_T(v)$ (рисунок 3) практически прямолинейный, что сказывается на меньших затратах энергии предлагаемого рабочего органа по сравнению с отвальным, у которого

вышеупомянутая кривая имеет характер квадратичной функции.

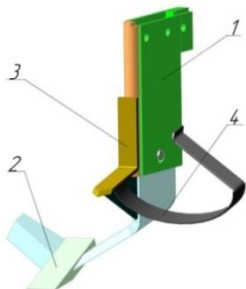


1 – рабочий орган с эллиптическим рыхлителем;
2 – отвальный рабочий орган
Рисунок 3 – Тяговое сопротивление рабочих органов для послойной и отвальной обработки почвы

Из анализа полученных данных следует, что тяговое сопротивление рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы возрастает при увеличении угла крошения (β) и увеличении скорости агрегата (v).

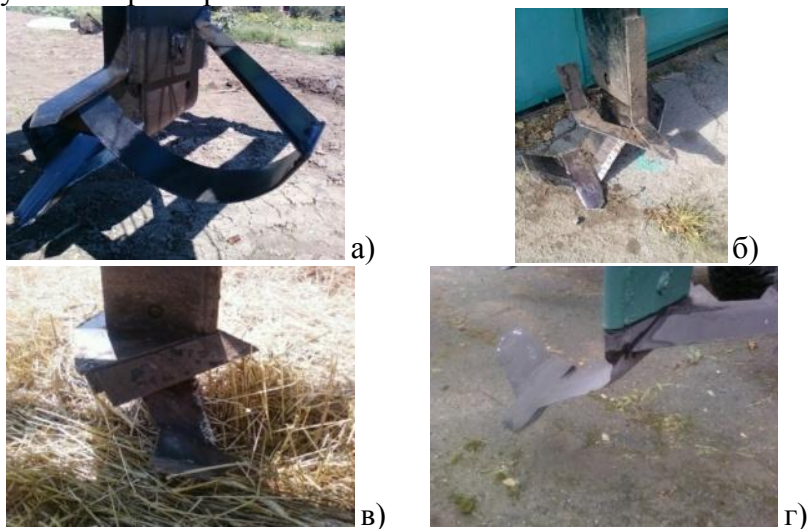
В третьей главе приведены программа экспериментальных исследований, приборы и аппаратура, а также экспериментальная установка для проведения исследований, приведены частные методики проведения экспериментальных исследований рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы, представлена методика обработки экспериментальных данных.

На основании проведенных исследований разработан рабочий орган (рисунок 4) для безотвальной послойной обработки почвы.



1 – наклонная стойка; 2 – долото;
3 – направлятель;
4 – эллиптический рыхлитель
Рисунок 4 – Рабочий орган для послойного рыхления с эллиптическим рыхлителем

Программа экспериментальных исследований предусматривала проведение полевых испытаний, предлагаемого рабочего органа с эллиптическим рыхлителем его сравнения с прототипом (КАО) и двумя вариантами разработанными на его основе (рисунок 5). Полевые исследования проводились на экспериментальной установке, агрегатируемой с трактором Т-150К.



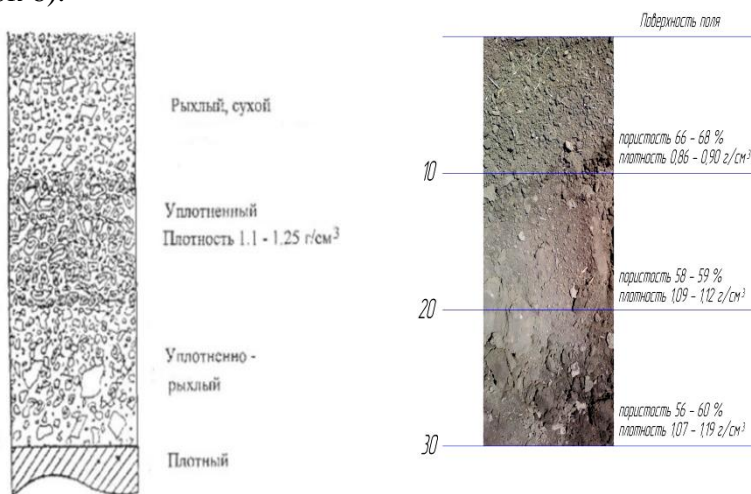
а – с эллиптическим рыхлителем; б – с плоскорезной лапой переменным углом резания; в – со стрелчатой лапой; г – прототип (КАО-2)

Рисунок 5 – Сравнимые варианты рабочих органов для послойной обработки почвы

В четвертой главе изложены результаты исследований качественных и энергетических показателей технологического процесса послойной обработки почвы предлагаемым рабочим органом, приведены данные проверки адекватности теоретических исследований, разработана методика его инженерного расчета.

Наиболее качественную послойную безотвальную обработку почвы обеспечивает рабочий орган с эллиптическим рыхлителем, крошение (87,8-98,4% фракций размером до 50 мм) и гребнистость (1-2 см) соответствуют требованиям, предъявляемым к рабочим органам не только для глубокого, но и для мелкого рыхления; заметно резкое снижение содержания эрозионно-опасных частиц (на 20,87-21,99%).

Проведенные исследования подтверждают предположение о создании различных по структуре и плотности слоев почвы рабочим органом с эллиптическим рыхлителем, который обеспечивает образование уплотненного влагосберегающего среднего слоя внутри пласта, который уменьшает процесс конвекции, способствует накоплению влаги (рисунок 6).



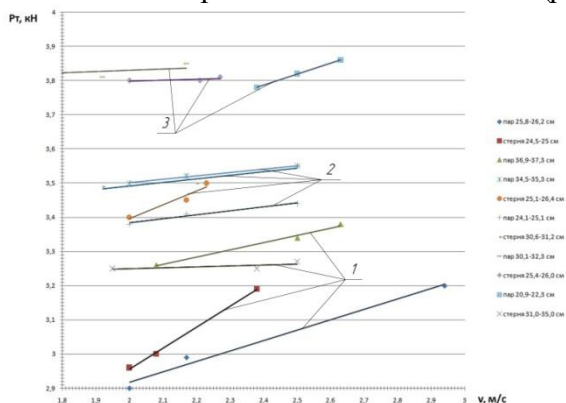
а)

б)

а – требуемое (Пат. RU 2148303 C1); б – фактическое (рабочий орган с эллиптическим рыхлителем)

Рисунок 6 – Разделение почвы по слоям после прохода рабочего органа для послойной обработки почвы

Помимо лучших агротехнических показателей, рабочий орган с эллиптическим рыхлителем обеспечивает уменьшение энергозатрат по сравнению с аналогами, поскольку его тяговое сопротивление наименьшее (рисунок 7).



1 – с эллиптическим рыхлителем; 2 – с плоскорезной лапой с переменным углом резания; 3 – со стрельчатой лапой
Рисунок 7 – Зависимость тягового сопротивления рабочих органов от скорости агрегата

Получены следующие выражения (7), раскрывающие взаимосвязь тягового сопротивления (y) со скоростью (x) агрегата при функционировании рабочего органа с эллиптическим рыхлителем на различных фонах в зависимости от глубины обработки почвы:

$$y = 0,304x + 2,307, \text{ (пар } 25,8 - 26,2 \text{ см)}$$

$$y = 0,211x + 2,818, \text{ (стерня } 24,5 - 25 \text{ см)} \quad (7)$$

$$y = 0,613x + 1,730, \text{ (стерня } 25,1 - 26,4 \text{ см)}$$

$$y = 0,026x + 3,195, \text{ (стерня } 31,0 - 35,0 \text{ см)}$$

Ускорения, в среднем близкие к нулю, наименьшие (0,022-0,053g) у рабочего органа с эллиптическим рыхлителем в продольном направлении, что подтверждается наименьшими значениями среднего квадратического отклоне-

ния тягового сопротивления от среднего $\pm 0,73 \dots \pm 1,18$ кН по сравнению с аналогами - до $\pm 1,54$ кН.

Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных исследований (рисунок 8) показал, что относительная погрешность результатов не превышает 4,02%. Из сравнения графиков следует их идентичность. Результаты теоретического исследования можно считать удовлетворительными.

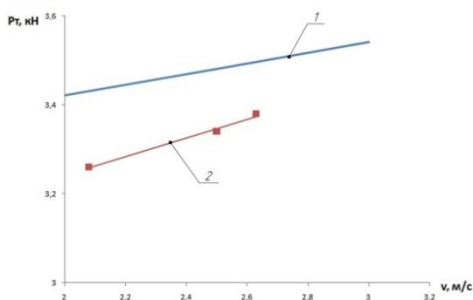


Рисунок 8 – Сравнение теоретической (1) и экспериментальной (2) зависимостей тягового сопротивления рабочего органа с эллиптическим рыхлителем от скорости (глубина 35 см)

На основании проведенных исследований разработана методика инженерного расчета рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы:

- в зависимости от физико-механических свойств почвы определяются условия функционирования рабочего органа (твердость, влажность, тип и состав почвы) и требуемые показатели технологического процесса (степень уплотнения по слоям, качество крошения, гребнистость, глубина мелкой обработки);

- по справочным данным для принятых почвенных условий определяются углы внешнего (φ) и внутреннего (ρ) трения;

- выбирается угол крошения (β) из условия заглубления рабочего органа по формуле (5);

- рассчитывается параметр эллиптического рыхлителя рабочего органа по формуле (1);

- с учетом выбранного параметра для требуемой глубины мелкой обработки почвы рыхлителем определяется

ширина эллипса $b_{\text{э}} = \frac{2\alpha}{k_{\text{сж}}}$;

- в случае несоответствия ширины эллипса ($b_{\text{э}}$) требуемым показателям технологического процесса (например, глубине мелкой обработки), вводится поправочный коэффициент, учитывающий угол отклонения плоскости расположения рабочего органа от вертикали ($\alpha_{\text{э}}$);

- предварительно определяется длина эллиптического

рыхлителя ($l_{\text{э}}$) по формуле $l_{\text{э}} = \frac{M - a \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\beta + \varphi + \rho}{2}\right)}{\cos \beta}$;

- по коэффициенту интенсивности напряжений (K_{σ}) по формуле (2) определяется область наибольшего давления пласта по периметру эллипса, которая задана полярной координатой (μ), как предполагаемая зона локального износа разомкнутого кольцевого эллиптического рыхлителя;

- уточняем длину эллиптического рыхлителя исходя из условия $l_{\text{э}} \leq \left(\frac{K_{\sigma}}{\sigma}\right)^2$;

- параметры глубокорыхлителя (b_g, b_p, L, L', M) обоснованы в исследованиях Пархоменко Г.Г., Щирова В.Н.;

- исходя из *min* тягового сопротивления (P_T) уточняется угол крошения (β) и выбирается рациональная скорость агрегата (v) по формуле (6).

Полученные параметры рабочего органа для послыйной безотвальной обработки почвы с эллиптическим рыхлителем представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры рабочего органа

Наименование	Обозначение	Значение
Угол крошения, град.	β	20
Ширина эллипса, м	b_{ε}	0,40
Длина эллипса, м	l_{ε}	0,06
Ширина глубокорыхлителя, м	b_p	0,34
Ширина долота, м	b_g	0,075
Длина глубокорыхлителя, м	L	0,25
Длина долота, м	L'	0,10
Расстояние между рабочими органами в продольном направлении, м	M	0,80

В пятой главе при расчете показателей экономической эффективности сравнивались разработанные рабочие органы, установленные на раму КАО и прототип. Расчеты показали, что эксплуатационные затраты на послойную обработку почвы и энергоёмкость процесса снижаются у рабочего органа с эллиптическим рыхлителем.

Эксплуатационные затраты на послойную обработку почвы предлагаемым орудием снижаются с 961 руб./га до 900 руб./га, то есть на 61 руб./га или на 6,3 %, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,2 сез.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Наиболее полно условиям влагосбережения в засушливых условиях соответствует послойная безотвальная обработка почвы, однако известные рабочие органы для этой цели не обеспечивают заданного качества рыхления пласта и их функционирование связано с повышенными затратами энергии. Предъявляемым требованиям соответствует рабочий орган с размещенными на единой наклонной стойке эллиптическим рыхлителем для мелкой обработки почвы (до 16 см) и долотом для глубокого рыхления с разуплотнением пласта (до 30 – 35 см).

2. В результате аналитических исследований:

- определена взаимосвязь параметра ($k_{сж} = 0,8$) эллиптического рыхлителя с физико-механическими свойствами обрабатываемой среды, представленными углом сдвига почвы который определяется углами внешнего и внутреннего трения;

- установлена прямолинейная зависимость показателей технологического процесса рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы ($P_f = 3,36 - 3,48$ кН) от параметров (β не более 20, град, и режимов функционирования ($v = 1,5 - 2,5$ м/с).

3. В результате экспериментальных исследований установлено:

- разработанный рабочий орган с эллиптическим рыхлителем формирует различные по пористости и плотности слои почвы от поверхности вглубь пласта до 30 см (66-68 %; $0,86 - 0,90 \text{ г/см}^3 > 58 - 59$ %; $1,09 - 1,12 \text{ г/см}^3 > 56 - 60$ %; $1,07 - 1,19 \text{ г/см}^3$ соответственно);

- крошение (87,8-98,4 % фракций до 50 мм) и гребнистость верхнего слоя (1-2 см) после прохода рабочего органа с эллиптическим рыхлителем соответствует требовани-

ям, предъявляемым к рабочим органам не только для глубокого, но и для мелкого рыхления, что свидетельствует о высоком качестве обработки почвы;

- после прохода рабочего органа с эллиптическим рыхлителем резко снижается количество эрозионно-опасных частиц в поверхностном слое почвы (до 22%);

- тяговое сопротивление рабочего органа с эллиптическим рыхлителем (2,9-3,3 кН) меньше, чем у аналогов на 0,5...0,9 кН;

- ускорения в среднем близкие к нулю (0,022g - 0,053g – в продольном направлении; 0,009g - 0,062g – в вертикальном направлении) рабочего органа с эллиптическим рыхлителем свидетельствуют об устойчивом протекании технологического процесса послойной обработки почвы.

4. Результаты исследований удовлетворительны и адекватны реальному процессу с относительной погрешностью не более 4,02%.

5. По разработанной методике инженерного расчета определены параметры эллиптического рыхлителя ($\beta = 20^\circ$, $b_3 = 0,40$ м, $l_3 = 0,06$ м), взаимосвязанные со свойствами обрабатываемой среды.

6. Эксплуатационные затраты на послойную обработку почвы предлагаемым орудием снижаются с 961 руб./га до 900 руб./га, то есть на 61 руб./га или на 6,3 %, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,2 сез.

Основные положения диссертации опубликованы

- в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Божко, И.В. Расчет тягового сопротивления чизельного рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы / И.В. Божко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)

[Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №98(04), апрель. – IDA [article ID]: 0981404098. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/98.pdf>, - 15с.

2. Божко, И.В. Методика выбора схемы и параметров рабочего органа для безотвальной послышной обработки почвы в условиях недостаточного увлажнения / И.В. Божко // Омский научный вестник. №3 (133) 2014. С. 111 – 114.

- патенты:

3. Пат. 139415 Российская Федерация А01В35/20, А01В35/26. Рабочий орган для послышной безотвальной обработки почвы / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко, А.В. Громаков, С.И. Камбулов, В.Б. Рыков // ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – Заявл. 31.10.2013. Оpubл. 20.04.2014. Бюл. №11.

4. Пат. 2503165 Российская Федерация А01С7/00. Способ неконтактного внесения семян и удобрений и устройство для его осуществления / Н.М. Беспмятнова, И.В. Божко, А.А. Колинко // ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – Заявл. 16.04.2012. Оpubл. 10.01.2014. Бюл. №1.

- в других изданиях:

5. Божко, И.В. Кольцевой рабочий орган для обработки почвы / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Материалы 7-й Международ. науч.-практ.конф. в рамках 17-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2014». – Ростов-на-Дону. – 2014. – С. 78 – 81.

6. Божко, И.В. Взаимодействие кольцевого рабочего органа с обрабатываемым пластом почвы / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: матер. 7-й Международной науч.-практ. конф. в рамках 17-й международной агропро-

мышленной выставки «Интерагромаш-2014». – Ростов – на – Дону. – 2014. – С. 39 – 42.

7. Божко, И.В. Особенности безотвальной послышной обработки почвы в засушливых условиях / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Агротехника и энергообеспечение: Научно-практический журнал – Орел. – 2014. – № 1(1). – С. 25 – 30.

8. Божко, И.В. Результаты оптимизации формы почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко // Moderní vymoženostivědy – 2014: MateriályX-mezinárodní vědecko-praktická conference – Díl 32. Zemědělství: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. – 2014. – S. 17-21.

9. Божко, И.В. Обоснование конструкции рабочего органа для послышной безотвальной обработки почвы / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков // Сборник статей 9-ой Междунар.науч.-практ. конф. «Инновационные разработки для АПК» ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – зерноград. – 2014. – С. 30 - 36.

10. Божко, И.В. Предпосылки к обоснованию формы и геометрии кольцевого рабочего органа для обработки почвы / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Проблемы механизации и электрификации сельского хозяйства: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Краснодар. – 2014. – С. 125 – 129.

11. Божко, И.В. Обоснование конструкции новых рабочих органов на основании анализа процесса термодиффузии влаги в почве / Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков, И.В. Божко // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО - 2014»: Сб. науч. тр. Междунар.науч.-практ. конф.. – Ростов – на – Дону – зерноград – Дивноморское. – 2014. – С. 329 – 334.

12. Божко, И.В. Результаты экспериментальных исследований инновационных рабочих органов для послышной

влагосберегающей обработки почвы / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко, А.В. Громаков // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий / Сб. научных докладов Междунар.науч.-практ.конф. (17–18 сентября 2014 г., Москва). – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. С. 221 – 225.

13. Божко, И.В. Влияние послойной обработки почвы на процесс термодиффузии влаги внутри пласта / Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков, И.В. Божко // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий / Сб. научных докладов Междунар.науч.-практ.конф. (17–18 сентября 2014 г., Москва). – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. С. 217 – 221.

14. Божко, И.В. К обоснованию угла крошения почвообрабатывающих рабочих органов / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-технич. конф. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – С. 205 – 210.

15. Божко, И.В. Результаты определения экономической эффективности инновационных рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ.конф. Минск, 23-24 октября 2014 г. В 2 ч. Ч. 2 / редкол.: И. Н Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 288 – 290.

Подписано в печать 27.02.2014г. Формат 60×84 1/16
Объем 1,0 п.л. Тираж 120 экз. Заказ 3-2015.
Печатно-множительная группа СКНИИМЭСХ