

На правах рукописи



**РЫЖКОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ  
ПОЧВЫ С ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО  
РАБОЧЕГО ОРГАНА**

**Специальность 05.20.01 - «Технологии и средства механизации сельского хо-  
зяйства».**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**Мичуринск, 2004**

Работа выполнена в Белгородской государственной сельскохозяйственной академии на кафедре «Механизация сельского хозяйства».

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор,  
почетный работник высшего  
профессионального образования Р. Ф.  
**Булавин Станислав Антонович**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Горшенин Василий Иванович,**  
кандидат технических наук  
**Ногтиков Анатолий Алексеевич**

**Ведущая организация:** Белгородский научно-исследовательский  
институт сельского хозяйства

Защита диссертации состоится **«30»** ноября 2004 года в 10 часов на заседании диссертационного совета К 220.041.01 Мичуринского государственного аграрного университета по адресу: 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Мичуринского государственного аграрного университета

Автореферат разослан **«22»** октября 2004 года

**Ученый секретарь**  
**диссертационного совета,**  
кандидат технических наук, доцент



**Н.В. Михеев**

2005-4

892989

16879

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

**Актуальность темы.** В настоящее время определились два направления обработки почвы. Это ресурсосберегающая и биотехнологическая обработки почвы. Последняя базируется на широком внедрении сидеральных культур - таких, как горчица, многолетние травы, эспарцет и др., которые измельчаются и заделываются, а также на внесении раствора микроорганизмов в почву и вермикультивировании.

Все эти направления биологизации почвы предусматривают широкое использование дисковых рабочих органов, позволяющих вести основную обработку почвы.

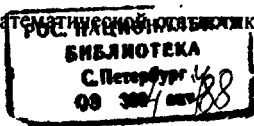
Анализ проведенных исследований и наблюдений за работой дисковых борон показывает, что они отвечают определенным направлениям в биологизации земледелия. Что касается совмещения операций, то они не совсем удовлетворяют поставленным технологическим требованиям. Поэтому разработка дисковой бороны с устройством для внесения биорастворов в почву, а также дискового рабочего органа и обоснование их оптимальных параметров является важной народнохозяйственной задачей.

**Цель работы.** Совершенствование процесса обработки почвы при биотехнологии дисковыми рабочими органами и обоснование параметров вырезного сферического диска.

**Объект исследования.** Технологический процесс обработки почвы тяжелой дисковой боронной.

**Предмет исследования.** Взаимосвязи и закономерности технологического процесса биологизации земледелия дисковым почвообрабатывающим агрегатом.

**Методика исследования** предусматривает теоретический анализ рабочих гипотез и экспериментальное их подтверждение в лабораторно-производственных условиях. Аналитические исследования проводились методами прикладной механики и математического анализа. Экспериментальные исследования выполнялись с применением теории вероятностей, математической статистики. Обработку ре-



зультатов экспериментальных исследований осуществляли методом дисперсионного анализа.

Научную новизну составляют:

- влияние раствора микроорганизмов на урожайность озимой пшеницы;
- аналитическая зависимость силы тяги трактора от веса диска, коэффициента трения почвы о диск, угла атаки и силы сопротивления резанию, затрачиваемой на отрезание пласта от верхнего почвенного горизонта;
- закономерности взаимодействия вырезного сферического диска с обрабатываемой средой с учетом уменьшения угла резания за счет выполнения режущей кромки диска по форме дуги логарифмической спирали;
- математические модели эксплуатационных показателей дисковой борона.

Практическую значимость составляют:

- конструкция агрегата для внесения раствора концентратов микроорганизмов;
- конструкция, параметры и режимы работы дискового органа, режущая кромка которого выполнена по форме логарифмической спирали.

Реализация результатов исследований. На заводе «Белагромаш-сервис» был изготовлен агрегат для внесения растворов микроорганизмов с рабочими органами в виде вырезных сферических дисков с вырезами по дуге логарифмической спирали. Полученные результаты исследований позволили принять решение правительству Белгородской области об использовании вырезных сферических дисковых рабочих органов с вырезами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали на различных дисковых боронах, выпускаемых на территории Белгородской области.

Апробация. Результаты докладывались на: международных научно-производственных конференциях «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения» в Белгородской государственной сельскохозяйственной академии с 2001 по 2004 г., международной научно-практической конференции «Технический прогресс в растениеводстве» в Харьковском государственном техническом университете сельского хозяйства в 2002

г., научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской работы за 2003г., научно-практической конференции работников агропромышленного комплекса Белгородской области в 2003г.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 11 научных работах, в том числе 5 в международном сборнике тезисов, одна в межвузовском сборнике научных трудов, 2 статьи в бюллетене научных трудов Белгородской ГСХА, в описании к 1 свидетельству и 1 патенту РФ, на одну заявку на изобретение получено положительное решение о выдаче патента от 10.06.2004 по заявке № 2003112785/12.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, семи глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений.

Общий объем диссертации составляет 174 страницы, включая 90 рисунков и 14 таблиц. Список литературы состоит из 116 наименований, из них 14 на иностранном языке.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность выполненной работы и изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

На защиту выносятся конструкции агрегата для внесения концентратов микроорганизмов и его рабочего органа, а также следующие научные положения:

- закономерности движения диска в почве;
- теоретические основы работы дискового рабочего органа.

**В первой главе** приводится анализ технологии биологизации земледелия, в результате которого выявлено, что уже в течение многих лет разрабатываются методики выращивания сельскохозяйственных культур, в которых органически сочетаются повышение продуктивности пашни, охрана окружающей среды и ресурсосбережение. Основой таких технологий являются:

- научно обоснованный севооборот, максимально адаптированный к почвенно-климатическим условиям;
- широкое использование в качестве органического удобрения сидераль-

- ных культур;
- использование экологически безопасных биологических препаратов и вермикультивирование.

Известно, что концентраты микроорганизмов оказывают существенное влияние на качество зерна озимой пшеницы, повышая содержание сырой клейковины на 2,3-9,1%. Учитывая, что стоимость биопрепаратов значительно ниже стоимости химических препаратов, а нормы их внесения на порядок ниже, применение их экономически выгодно.

Исследования показали, что сидеральные пары не только повышают плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, но и надежно защищают почву от эрозии, улучшают экологическую обстановку и позволяют получать биологически чистую продукцию.

Анализ литературных источников показывает, что измельчение сидеральных культур и внесение микроорганизмов в почву наиболее перспективно осуществлять дисковыми рабочими органами.

Наиболее перспективными являются тяжелые дисковые бороны. Они позволяют вести основную обработку почвы. Важной составной частью конструкции дисковых борон являются их рабочие органы. Они должны обеспечивать надлежащее качество обработки почвы, высокую проходимость агрегата на объектах и минимальную энергоемкость выполняемого процесса.

Исследование рабочего процесса, выполняемого рабочими органами дисковых борон, вели Земских В. Т., Кабаков Н. С, Авакян С. П., Нартов П. С, Стрельбицкий В. Ф., Буцолит Е., Парцикян А. О., Боготопов В. И., Грицьшин М., Быков В., Мамедов Ф. А., Лучинский Н. Д. и другие. Учеными были выявлены зависимости сопротивления дисковых почвообрабатывающих машин от угла атаки, скорости движения и глубины обработки, исследован вопрос отброса почвы сферическим диском, а также оптимизированы параметры рабочих органов дисковых борон. Однако широко не был рассмотрен вопрос влияния наличия и формы вырезов дисков на показатели качества обработки почвы и энергоемкость.

На основании проведенного анализа были сформулированы задачи исследо-

вания:

- определить влияние раствора микроорганизмов на урожайность озимой пшеницы и обосновать параметры оборудования для внесения биораствора;
- обосновать конструкцию дисковой бороны и ее рабочего органа;
- дать теоретический анализ рабочего процесса исследуемого рабочего органа и получить аналитические выражения для расчета его параметров;
- исследовать рабочий процесс сферического диска методом математического планирования эксперимента и на основе этого обосновать оптимальные параметры рабочего органа и режима работы;
- провести испытания рабочего органа в производственных условиях и дать оценку пригодности его применения при обработке почвы;
- определить экономическую эффективность работы дисковой бороны с предложенным рабочим органом.

Во второй главе предложены конструкции агрегата с устройством для внесения биораствора в почву (рис. 1) и ее дискового рабочего органа с вырезами, выполненного по форме дуги логарифмической спирали (рис. 2), а также приведен расчет параметров дисковых рабочих органов, расчет усилий, действующих на диск бороны, определена кинематика движения диска в почве. Дано теоретическое обоснование условия резания почвы дисковым рабочим органом с учетом уменьшения угла резания за счет выполнения зубьев диска по форме дуги логарифмической спирали.

Нами разработан агрегат для внесения раствора концентратов микроорганизмов. Он включает трактор 35, емкость для раствора микроорганизмов 36 и дисковую борону 38. Подача биораствора 41 к штангам со сливными трубками 33 должна осуществляться при постоянном давлении воздуха в емкости машины для внесения биораствора, с которой агрегируется данная борона. Воздух в емкость нагнетается компрессором трактора 39 по воздушному трубопроводу 37. Постоянство давления обеспечивается регулятором давления 40, установленным на верхней крышке емкости. Дисковая борона состоит из центральной рамы 5 и двух

боковых рам: левой 3 и правой 8, шарнирно соединенных с центральной. Рамы выполнены из продольных брусьев 2,4,11 и поперечных брусьев 12. На центральной раме 5 имеются два гидроцилиндра 22 для подъема и опускания бороны. На раме 5 закреплен лонжерон 15, на котором смонтированы кронштейны 14 крепления колес. На боковых рамах 3 и 8 присоединены две дисковые батареи 28

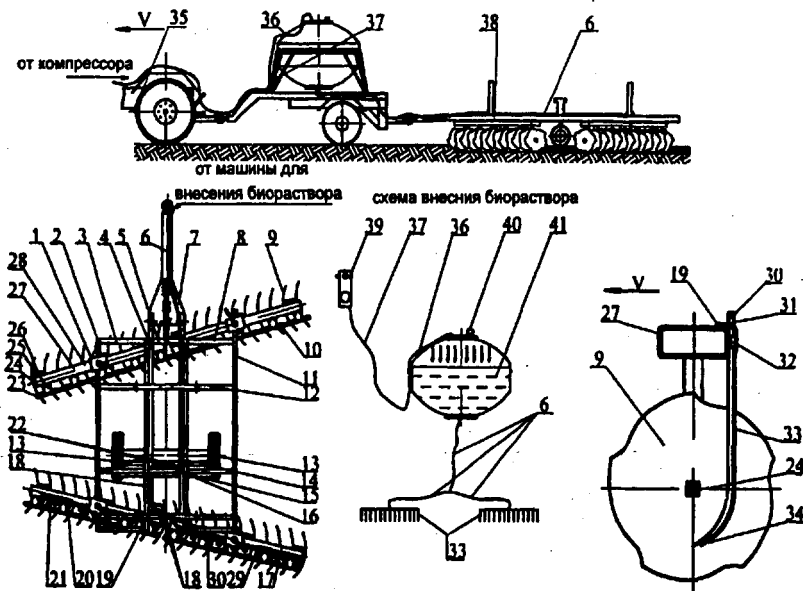


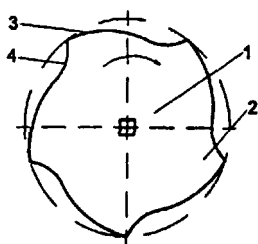
Рис. 1. Агрегат для внесения концентратов микроорганизмов в почву.

1-устройство для изменения угла атаки; 2,4,11-продольные брусья; 3-левая рама; 5-центральная рама; 6,18,16,21-трубопроводы концентратов микроорганизмов; 7-прицепное устройство; 8-правая рама; 9-диски; 10-чистики дисков; 12-поперечный брус рамы; 13-колеса; 14,25,29-кронштейны; 15-лонжерон; 17,28-дисковые батареи; 18-рукава концентратов микроорганизмов; 19-тройник; 22-гидроцилиндр; 23-рейка крепления чистиков; 24-ось; 26-опора крепления дисковой батареи; 27-основной брус дисковой батареи; 30-подкармливающее долото; 31-дозатор; 32-крепление; 33-сливная трубка концентратов микроорганизмов; 34-крепление трубки; 35-трактор; 36-машина для концентрата микроорганизмов; 37-воздушный трубопровод; 38-дисковая борона; 39-компрессор; 40-регулятор давления; 41-раствор концентратов микроорганизмов



переднего ряда и две дисковые батареи 17 заднего ряда. Дисковые батареи 28 и 17 располагаются на рамах несимметрично относительно продольной оси бороны и закреплены к ним посредством устройств 1 для изменения угла атаки. Опорные колеса 13 используют при транспортировке бороны. Дисковая батарея 28 переднего ряда включает в себя основной брус 27, к которому при помощи трех опор крепления 26 с подшипниковыми узлами прикреплена ось 24 квадратного сечения. На оси 24 насажены рабочие органы (вырезные сферические диски) 9 и втулки. Рабочие органы 9 выполнены в виде сферических дисков с пятью зубьями, кромки которых сделаны по логарифмической спирали. Каждый последующий диск 9 повернут на угол  $10^\circ$  относительно предыдущего. Это сделано для того, чтобы исключить воздействие периодических сил на подшипниковые узлы и снизить затраты мощности трактора на передвижение бороны. К основному брусу 27 с помощью кронштейнов 25 присоединена рейка 23 крепления чистиков с чистиками 10 для дисков. Конструкция дисковой батареи 17 заднего ряда отличается от конструкции батареи 28 переднего ряда тем, что к брусу батареи 17 прикреплены кронштейны 29 с подкармливающими долотами 30. К подкармливающим долотам 30 подводятся трубопроводы концентратов микроорганизмов 21 и 22. К ним от машины для внесения биораствора с помощью трубопровода 6 подается раствор через тройник 19 и далее в левый и правый рукава 20. На центральной раме 5 шарнирно закреплено прицепное устройство 7. Подкармливающее долото 30 прикреплено к основному брусу дисковой батареи 28 при помощи крепления 33. По сливной трубке 33, закрепленной на долоте при помощи крепления 34, биораствор поступает в почву. Глубину заделки концентратов микроорганизмов регулируют перемещением по высоте долот 30 в креплении 32.

Сферический диск 1 (рис.2) содержит выступы (зубья) 2. Передняя режущая кромка 3 и задняя режущая кромка 4 зубьев 2 выполнены по логарифмической



спирали, заданной формулой  $\rho = \rho_0 \times q^{a/2\pi}$ ,

Рис 2 Дисковый рабочий орган

1-сферический диск, 2-зубья, 3,4-соответственно передняя и задняя режущая кромки

где  $\rho$ - радиус кривизны логарифмической спирали;

$\varphi$ - угол поворота радиус-вектора при построении спирали;

$\rho_0$ - начальный радиус спирали;

$q$ - коэффициент роста логарифмической спирали; а  $\rho_0=106$ ,  $q=4$ .

Причем, начальный радиус  $\rho_0$  и коэффициент роста логарифмической спирали  $q$  передней режущей кромки 3 и задней режущей кромки 4 одинаковы.

Концентраты микроорганизмов вносятся между дисков задних батарей на глубину 5-7 см. Если же производить внесение под первый ряд дисковых батарей, то задним рядом мы будем перемещать почву с внесенным биораствором, что отрицательно повлияет на жизнеспособность микроорганизмов.

Предлагаемые конструкции дисковой бороны и ее рабочего органа позволяют улучшить процесс обработки почвы с одновременным внесением растворов и снизить затраты на ее обработку.

На рисунке 3 показана схема действия сил на рабочий орган дисковой бороны. Для изучения сил, действующих на диск, мы используем подвижную систему координат  $OXYZ$ . Для упрощения расчетов также вводим вспомогательную систему координат  $OX_1Y_1Z$ , отличающуюся от предыдущей тем, что координатные оси  $OX_1$  и  $OY_1$  повернуты относительно осей  $OX$  и  $OY$  на угол атаки  $\alpha$ . На рабочий орган дисковой бороны действуют следующие силы: сила тяги трактора или сила влечения  $P_{авч}$ ; сила веса диска  $G$ ; сила давления пласта  $N$ ; сила трения пласта о поверхность диска  $F_{тр}$ ; сила резания  $F_{рз}$ .

При кинематическом расчете диска нами были получены уравнения абсолютной скорости движения любой точки сферической поверхности диска:

$$V_x = V - \rho \cdot \theta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \theta; V_y = \rho \cdot \theta \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta; V_z = \rho \cdot \theta \cdot \sin \theta, \quad (0)$$

где  $V$ - скорость движения агрегата;  $\rho$ - расстояние от центра вращения диска до любой точки его сферической поверхности;  $\theta$  - угол поворота диска;  $\alpha$  - угол атаки.

Запишем уравнения движения материальной точки в системе координат  $OXYZ$ :

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{ix}; \quad m \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{iy}; \quad m \cdot \frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{iz}, \quad (2)$$

где  $m$  - масса диска;  $\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}$  - проекции абсолютного ускорения произвольной точки диска на оси  $x, y, z$ ;  $\sum F_{ix}, \sum F_{iy}, \sum F_{iz}$  - суммы проекций сил, действующих на диск, на координатные оси  $x, y, z$ .

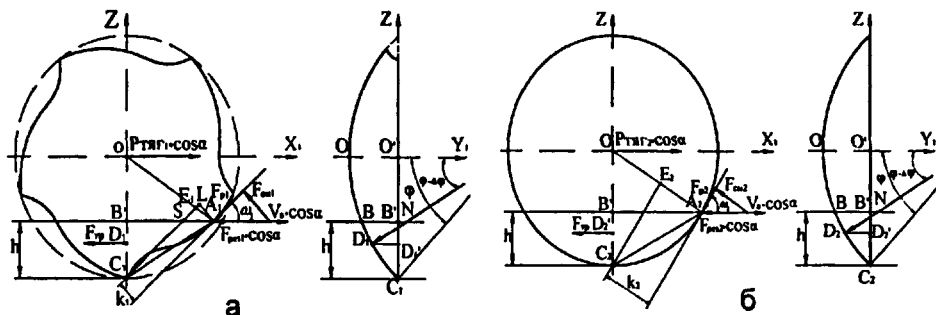


Рис. 3. Схема сил, действующих на диск во время работы

а) диск с режущей кромкой по форме логарифмической спирали; б) сплошной сферический диск;  $\varphi$  - половина центрального угла дуги окружности, образуемой в результате сечения диска экваториальной плоскостью;  $\varphi - \Delta\varphi$  - угол между силой давления пласта  $N$  и осью  $OY_1$

После дифференцирования уравнений (1) и подстановки в правые части уравнений (2) суммы проекций сил, действующих на диск бороны получим следующие уравнения:  $m \cdot \rho \cdot \theta^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \theta = P_{тяг} - F_{тр} \cdot \cos \alpha - F_{пл} - N_{y1} \sin \alpha$ ;

$$-m \cdot \rho \cdot \theta^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \theta = F_{тр} \cdot \sin \alpha - N_{y1} \cdot \cos \alpha; \quad m \cdot \rho \cdot \theta^2 \cdot \cos \theta = -G - N_z, \quad (3)$$

где  $N_{y1}$  - проекция силы давления пласта на ось  $y_1$ ;  $N_z$  - проекция силы давления пласта на ось  $z$ .

Сила тяги  $P_{тяг}$  приложена в центре диска и направлена вдоль оси  $OX$  по направлению движения агрегата. Силы трения  $F_{тр}$  и давления пласта  $N$  приложены в центре масс, погруженной части диска. Сила трения действует в плоскости вращения диска  $OX_1Z$  и направлена противоположно оси  $OX_1$ . Сила давления действует перпендикулярно сферической поверхности диска в плоскости  $OY_1Z$ .

Решая уравнения (3) получим:

$$P_{\max} = \frac{G \cdot \sqrt{1 - f^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha}}{f \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha} + F_{\text{пр}1}, \quad (4)$$

где  $f$  - коэффициент трения почвы о диск.

Сила тяги трактора будет зависеть от веса диска, коэффициента трения почвы о диск, угла атаки и силы резания, затрачиваемой на отрезание пласта от верхнего почвенного горизонта.

Одним из главных компонентов реактивных сил является сила резания, она зависит от характера резания почвы дисковыми рабочими органами и от величины угла резания  $\omega$ .

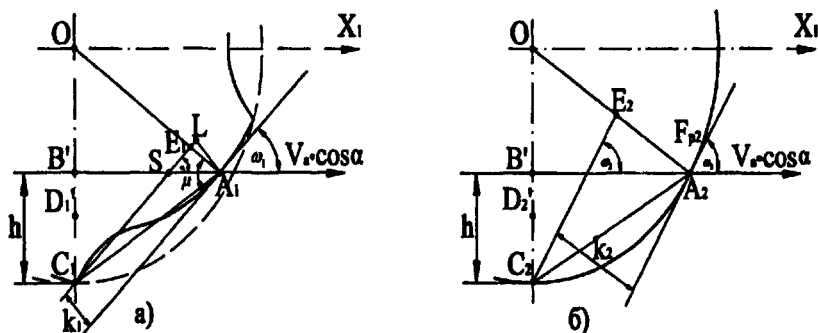


Рис. 4. К определению плеч сил резания.

а) диск с режущей кромкой по форме дуги логарифмической спирали; б) сплошной сферический диск.

Запишем общее уравнение динамики применительно к нашим схемам, (рис. 4 а,б):

$$-P_{\max 1} \cdot \cos \alpha \cdot dx_1 + F_{\text{пр}} \cdot C_1 D_1' \cdot d\psi + F_{\text{пр}1} \cdot \cos \alpha \cdot h \cdot d\psi + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot \frac{D^2}{4} \cdot d\psi = 0 \quad (5)$$

$$-P_{\max 2} \cdot \cos \alpha \cdot dx_1 + F_{\text{пр}} \cdot C_2 D_2' \cdot d\psi + F_{\text{пр}2} \cdot \cos \alpha \cdot h \cdot d\psi + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_2}{g} \cdot \frac{D^2}{4} \cdot d\psi = 0 \quad (6)$$

где  $D$  - диаметр диска;  $dx_1$  - линейное перемещение системы;  $d\psi$  - угловое перемещение системы;  $P_{\max 1}$  и  $P_{\max 2}$  - силы тяги, действующие на первый и второй диски;  $C_1 D_1'$  и  $C_2 D_2'$  - плечо силы трения (расстояние от точки приложения силы

трения до точки С), для упрощения расчетов будем считать, что силы трения, действующие на диски одинаковы и плечи  $C_1D_1' = C_2D_2'$ ;  $F_{p1}$  и  $F_{p2}$  - силы резания, действующие на первый и второй диски; А - глубина обработки почвы;  $G_1$  и  $G_2$  - вес вырезного и сплошного дисков соответственно (в расчетах примем их равными);  $g$  - ускорение свободного падения.

$$\text{Выразив } dx_1 \text{ через } d\psi \text{ получим } dx_1 = \frac{D}{2} \cdot d\psi. \quad (7)$$

После подстановки (8) в (6) и (7) и после сокращения  $d\psi$  получим:

$$-P_{mz1} \cdot \cos \alpha + F_{np} \cdot C_1D_1' + F_{p1} \cdot \cos \alpha \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot \frac{D^2}{4} = 0; \quad (8)$$

$$-P_{mz2} \cdot \cos \alpha + F_{np} \cdot C_2D_2' + F_{p2} \cdot \cos \alpha \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_2}{g} \cdot \frac{D^2}{4} = 0. \quad (9)$$

Сила резания действует против направления движения орудия и образует с касательной к дуге окружности или логарифмической спирали угол  $\omega$ . Силы резания  $F_{p1}$  и  $F_{p2}$  можно разложить на две составляющие: касательную составляющую силы резания, которая направлена по касательной к дугам спирали и окружности  $F_{p1}$ ,  $F_{p2}$ , и нормальную составляющую  $F_{cn1}$ ,  $F_{cn2}$ . Каждая из составляющих сил  $F_p$  и  $F_{cn}$  создает момент вокруг точки С.

Приравняем левые части уравнений (8) и (9) и получим:

$$-F_{cn1} \cdot C_1L + F_{p1} \cdot k_1 = -F_{cn2} \cdot C_2E_2 + F_{p2} \cdot k_2, \quad (10)$$

где  $C_1L$  и  $C_2E_2$  - плечи сил  $F_{cn1}$  и  $F_{cn2}$  соответственно;  $k_1$  и  $k_2$  - плечи сил  $F_{p1}$  и  $F_{p2}$ .

Выразим:

$$C_1L = \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4}} + Dh \cdot \sin \mu; \quad k_1 = LA_1 = C_1A_1 \cdot \cos \mu = \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4}} + Dh \cdot \cos \mu; \quad (11)$$

$$C_2E_2 = \sqrt{Dh - h^2}; \quad E_2A_2 = h = k_2, \quad (12)$$

где  $\mu$  - угол, под которым радиус-вектор логарифмической спирали пересекает касательную к спирали. Этот угол остается постоянным у логарифмической спирали.

Подставив (11), (12) в формулу (10) получим:

$$-F_{r_{v1}} \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \sin \mu} + F_{r_{v1}} \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \cos \mu} = -F_{r_{v2}} \cdot \sqrt{Dh - h^2} + F_{r_{v2}} \cdot h \quad (13)$$

После преобразования получим отношение:

$$\frac{F_{r_{v1}}}{F_{r_{v2}}} = \frac{2h \left( \frac{D-h}{2} \right) - 2(Dh-h^2)}{D} \cdot \frac{1}{\cos \left( \mu - \arccos \left( \frac{\sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh - h^2}}{\rho} \right) \right) \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cos \mu - \sin \left( \mu - \arccos \left( \frac{\sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh - h^2}}{\rho} \right) \right) \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \sin \mu}} \quad (14)$$

Полученное выражение (14) позволяет нам оптимизировать параметры вырезного сферического диска, вырезы которого выполнены по форме дуги логарифмической спирали с целью снижения силы резания по сравнению с другими формами дисков.

**В третьей главе** представлена программа и методика исследований; экспериментальная установка для определения перемещения почвенной массы дисками; даны способы определения энергетических и функциональных показателей дисковой борны. Приведена методика оптимизации основных параметров рабочего органа дисковой борны. В задачу экспериментальных исследований входили проверка теоретических положений, сравнение отброса почвы различными дисками, а также обоснование оптимальных параметров и режимов работы предложенного диска.

Критериями оптимизации нами выбраны два показателя: степень подрезания растительных остатков  $\delta$  и удельное тяговое сопротивление дисковой борны  $P$ .

Проведен опыт влияния раствора концентратов микроорганизмов при выращивании озимой пшеницы. Раствор концентратов микроорганизмов вносили на 100 га, а другие 100 га являлись фоновым. Раствор микроорганизмов концентрацией 2% вносили в расчете 200 л/га.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований. Влияние раствора концентратов микроорганизмов на урожайность и качество озимой пшеницы приведено в таблице 1.

Таблица 1

Влияние раствора концентратов микроорганизмов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Показатели	Озимая пшеница без внесения раствора концентратов микроорганизмов	Озимая пшеница при внесении раствора концентратов микроорганизмов	Разница
Урожайность озимой пшеницы, ц/га	26	29,7	3,7
Содержание сырой клейковины, %	18,9	24,3	5,4

На рисунке 5 показаны зависимости продольного и поперечного перемещения средней точки пласта ( $X_{ст}$  и  $Y_{ст}$ ) от вида дисков, угла атаки и глубины хода дисков. В ходе проведенных опытов было установлено, что с увеличением угла атаки  $\alpha$  увеличивается и продольное перемещение средней точки пласта ( $X_{ст}$ ) вдоль оси OX. Однако величина этого перемещения меньше у дисков с вырезами. С повышением глубины обработки также увеличивается и продольное перемещение средней точки пласта. Величина продольного перемещения  $X_{ст}$  у дисков с вырезами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали на интервале от  $9^\circ$  до  $18^\circ$  изменяется незначительно, в отличие от сплошных дисков и дисков с вырезами по дугам окружностей. Также было выявлено, что с увеличением угла атаки возрастает и поперечное перемещение почвы  $Y_{ст}$ . Диски с вырезами по логарифмической спирали перемещают почву в поперечном направлении на меньшее расстояние, чем сплошные и с вырезами по дуге окружности. В результате исследования было установлено, что при обработке почвы на степень подрезания растительных остатков влияют: угол атаки дисковой батареи; тип рабочих органов; глубина обработки и скорость движения агрегата (рис. 6). При увеличении угла атаки дисковых батарей от  $9^\circ$  до  $12^\circ$  повышается и степень подрезания растительных остатков для любых видов дисковых рабочих органов. Оптимальная

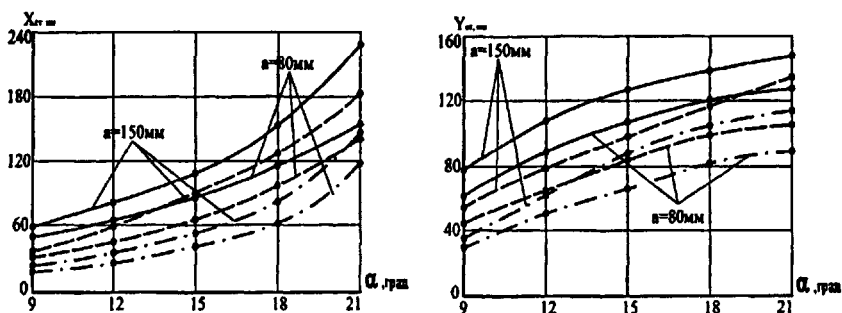


Рис 5 Зависимость продольного  $X_{cm}$  и поперечного  $Y_{cm}$  перемещения средней точки диска от угла атаки, вида дисков и глубины обработки

— сплошной диск,      - - - - с вырезами по дуге окружности,  
 - · - · с вырезами по дуге логарифмической спирали

степень подрезания растительных остатков происходит в интервале от  $12^{\circ}$  до  $18^{\circ}$ . Меньшая степень подрезания растительных остатков при угле атаки  $9^{\circ}$  обуславливается тем, что при малых углах атаки борозды дисков не смыкаются и остаются необработанные участки почвы.

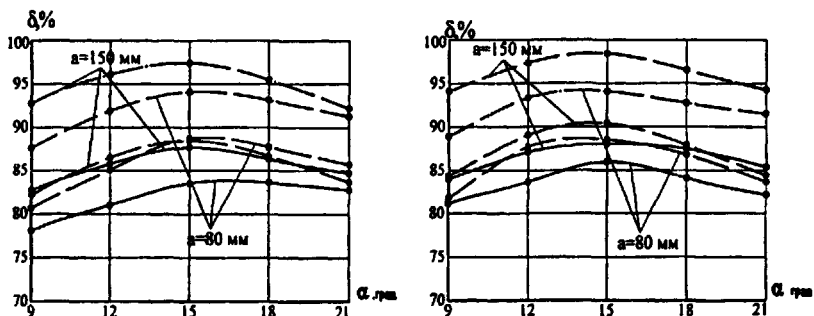


Рис 6 Зависимость степени подрезания растительных остатков от угла атаки, вида дисков и глубины обработки при скорости движения  $8 \text{ км/ч}$  (левый рисунок) и  $12 \text{ км/ч}$  (правый рисунок)

— сплошной диск,      - - - - с вырезами по дуге окружности,  
 - · - · с вырезами по дуге логарифмической спирали

Однако, при дальнейшем увеличении угла атаки от  $18^{\circ}$  до  $21^{\circ}$ , наблюдалось



уменьшение степени подрезания растительных остатков. Это вызвано тем, что при работе на больших углах атаки, пласт почвы перед диском интенсивнее смещается вперед, сминается и хуже срезается. В результате проведенных опытов оказалось, что наиболее высокую степень подрезания растительных остатков показали рабочие органы, выполненные по форме дуги логарифмической спирали и при угле атаки  $18^\circ$  она составила  $\delta=98\%$ .

Угол атаки дисковых батарей влияет на удельное тяговое сопротивление дисковой бороны. Удельное тяговое сопротивление возрастает при увеличении угла атаки с  $9^\circ$  до  $21^\circ$  (рис. 7). Свыше  $21^\circ$  качество обработки почвы ухудшается, а тяговое сопротивление возрастает.

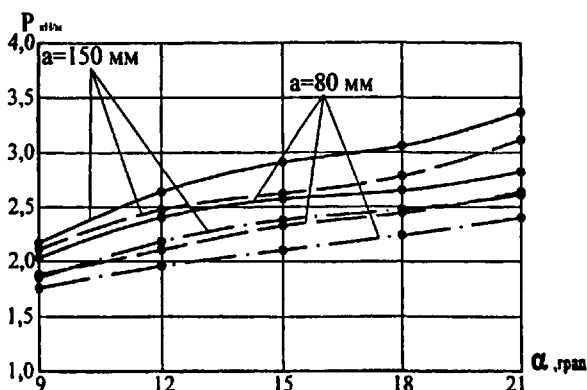


Рис. 7. Зависимость удельного сопротивления рабочих органов от угла атаки, глубины обработки и типа дисков.

— сплошной диск;      - - - - с вырезами по дуге окружности;  
 - - - - с вырезами по дуге логарифмической спирали.

Оптимальный угол атаки находится в интервале от  $12^\circ$  до  $18^\circ$ . Наименьшее удельное тяговое сопротивление зафиксировано при обработке почвы дисковыми батареями с формой вырезов дисков по дуге логарифмической спирали - 1,65 кН/м.

Глубина обработки почвы зависит от угла атаки (рис. 8). Диски с вырезами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали, лучше врезаются в поч-

ву, поэтому глубина обработки у них выше. После сравнения абсолютных значений коэффициентов регрессии и абсолютной величины их доверительного интервала мы получили следующие уравнения регрессии:

$$\delta = x_0 + 1,00x_2 + 0,91x_3 + 1,01x_4 + 0,97x_5 + 0,67x_6 + 0,67x_8 + 0,54x_1x_2 + 0,65x_1x_3 -$$

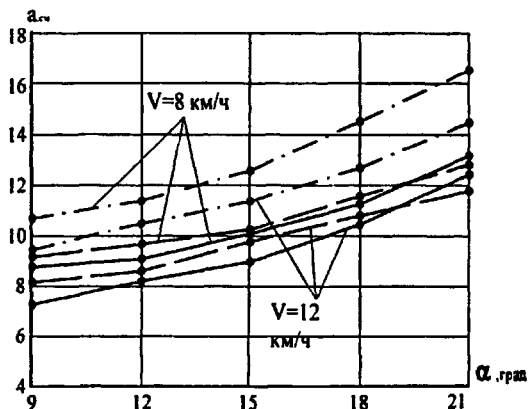


Рис. 8 Зависимость глубины обработки дисковых рабочих органов от угла атаки типа дисков и скорости движения

— сплошной диск,      - - - - с вырезами по дуге окружности.  
 - - - - с вырезами по дуге логарифмической спирали

$$\begin{aligned} & -0,46x_1x_4 + 0,09x_1x_5 + 0,99x_2x_3 + 0,95x_2x_4 + 1,07x_2x_5 + 0,96x_3x_4 + 1,09x_3x_5 + 1,01x_4x_5 + \\ & + 0,37x_1x_2x_5 + 0,66x_1x_3x_5 + 1,09x_2x_3x_4 + 1,01x_2x_3x_5 + 0,92x_2x_4x_5 + 1,01x_3x_4x_5 + \\ & + 0,97x_1x_2x_3x_4; \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} P = & x_0 + 1,00x_2 + 0,90x_3 + 0,99x_4 + 0,98x_5 + 0,66x_6 + 0,55x_8 + 0,99x_2x_3 + 0,96x_2x_4 + \\ & + 1,07x_2x_5 + 0,97x_3x_4 + 1,10x_3x_5 + 1,01x_4x_5 + 0,68x_1x_2x_3 + 0,36x_1x_2x_5 + 0,67x_1x_3x_5 - \\ & - 0,60x_1x_4x_5 + 1,10x_2x_3x_4 + 1,00x_2x_3x_5 + 0,93x_2x_4x_5 + 1,01x_3x_4x_5 + 0,87x_1x_2x_3x_4 + \\ & + 0,96x_2x_3x_4x_5 - 0,10x_1x_2x_3x_4x_5. \end{aligned} \quad (16)$$

На основании значений коэффициентов уравнения регрессии получены оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа*

Наименование фактора	Обозначение фактора	Величина
1	2	3
Диаметр диска, мм	$X_1$	650 - 680
Число зубьев, шт	$X_2$	5 - 7
Коэффициент роста логарифмической спирали кромки зуба	$X_3$	2 - 3
Угол атаки, °	$X_4$	10 - 13
Скорость движения, км/ч	$X_5$	10 - 14
Глубина обработки почвы, мм	$X_6$	50 - 160
Радиус сферы диска, мм	$X_7$	620 - 640
Расстояние между дисками в батарее, мм	$X_8$	200 - 240

В пятой главе представлены результаты производственных испытаний, экономическая эффективность применения дисковой борона с рабочими органами в виде вырезных сферических дисков с формой вырезов, выполненной по дуге логарифмической спирали.

Производственная проверка результатов исследования осуществлялась в учебном хозяйстве «Центральное» Белгородской области. На заводе «Белагро-маш-сервис» была изготовлена дисковая борона с рабочими органами в виде вырезных сферических дисков с вырезами по дуге логарифмической спирали. Результаты исследований новых дисковых рабочих органов свидетельствуют об их работоспособности и достаточно высокой надежности.

Полученные результаты исследований позволили принять решение правительству Белгородской области об использовании вырезных сферических дисковых рабочих органов с вырезами по форме логарифмической спирали на различных дисковых боронах, выпускаемых на территории Белгородской области.

Использование Т-150К+ БД-3,5 с новыми рабочими органами на лущении стерни более эффективно по сравнению с Т-150К+ БД-3,5 с рабочими органами в виде вырезных дисков с рабочей кромкой, выполненной по форме дуги окружности. Экономия эксплуатационных затрат составила 6%, капиталовложений 4,25%,

приведенных затрат 5,5%, а экономия затрат труда в расчете на 1 га составляет 8,8%. Годовой экономический эффект при выращивании озимой пшеницы составил 7608,85 руб.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В современном сельскохозяйственном производстве все более усиливается направление экологизации и биологизации земледелия. Был предложен агрегат, позволяющий проводить основную обработку почвы и внесение концентратов микроорганизмов за один проход. Емкость для биораствора -  $3\text{ м}^3$ ; давление в емкости - 0,12 МПа; диаметр выходного отверстия из емкости - 5 мм; диаметр сливной трубки - 1,3 мм; количество сливных трубок - 16; расстояние между трубками - 220 мм.

2. Применение раствора концентратов микроорганизмов КМ 104-1 с концентрацией 2% при внутривспашечном внесении при подготовке почвы под посев озимой пшеницы оказывает стимулирующее влияние на продуктивность и качество урожая. Прибавка урожая озимой пшеницы составила 3,7 ц/га. Содержание сырой клейковины увеличилось на 2,7-8,1%.

3. Анализ различных конструкций дисковых борон, их рабочих органов и наблюдений за работой показывает, что наиболее перспективными являются тяжелые дисковые бороны с жесткой рамой, несимметричным расположением дисковых батарей и с рабочими органами в виде вырезных сферических дисков.

4. Разработан, изготовлен и испытан рабочий орган дисковой бороны с вырезами по форме логарифмической спирали. Удельное сопротивление дисковой бороны с рабочими, выполненными по форме дуги логарифмической спирали, до 20 % меньше, чем у той же бороны со сплошными дисками и до 8 % меньше, чем у бороны с вырезами на дисках по дуге окружности.

5. Получены траектории перемещения почвенных частиц различными типами дисков. В вертикальной плоскости они представляют собой параболу. Наименьшее продольное и поперечное перемещение почвы было зафиксировано дисками с вырезами по форме дуги логарифмической спирали 118 мм и 97 мм соответственно.

6. Получены оптимальные значения параметров дисковых почвообрабатывающих органов, найдено соотношение сил сопротивления резанию сплошного и предложенного вырезного дисков.

7. Установлены следующие оптимальные значения конструктивно-режимных

параметров дискового рабочего органа:

диаметр диска - 670мм; число зубьев - 6; коэффициент роста логарифмической спирали кромки зуба - 2; угол атаки - 12°; скорость движения - 10 км/ч; глубина обработки почвы - 70 мм; радиус сферы диска - 630 мм; расстояние между дисками в батарее - 217 мм.

8. Экспериментально установлены зависимости: степени подрезания растительных остатков от угла атаки, глубины обработки и скорости движения; удельного сопротивления различных дисковых рабочих органов от угла атаки и глубины обработки; глубины обработки дисковых рабочих органов от типа дисков, скорости движения и угла атаки. Максимальная степень подрезания растительных остатков была получена дисками с вырезами по дуге логарифмической спирали 98% при угле атаки 15°. Минимальное удельное тяговое сопротивление было получено при работе бороны с этими же дисками и составило 1,65 кН/м.

9. При использовании дисковой бороны БД-3,5 с предлагаемыми рабочими органами мы получим экономию эксплуатационных затрат на 6%, капиталовложений - на 4,25%, приведенных затрат - на 5,5 %, а экономию затрат труда в расчете на 1 га - 8,8 % по сравнению с серийной дисковой бороней. Годовой экономический эффект составит 7608,85 руб. Кроме того, экономический эффект от повышения урожайности озимой пшеницы при внесении раствора концентратов микроорганизмов в расчете 200 л/га и рыночной стоимости тонны пшеницы 2500 руб. составил 92500 руб.

***Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:***

1. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. Новая тяжелая дисковая борона. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения // Тезисы докладов 6 международной научно-производственной конференции.- Белгород, 2002.- с. 5-6.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
2. Свидетельство №27981 РФ, МКИ<sup>7</sup> А 01 В 21/08. Дисковая борона/ С. А. Булавин, В. Н. Любин, А. В. Рыжков (Россия).-№2002104210/20; Заявлено 18.02.2002; Оpubл. 10.03.2003, Бюл.№7.
3. Рыжков А. В. Об уменьшении сопротивления резания рабочих органов дисковых борон. Вестник Харьковского государственного технического университета сельского хозяйства. Вып. 12, «Механизация с.А. производства».- Харьков, 2002.-с. 142-144.
4. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В.. Дисковая борона с устройством для внесения биорастворов в почву. Проблемы сельскохозяйственного производст-

- ва на современном этапе и пути их решения // Тезисы докладов 7 международной научно-производственной конференции.- Белгород, 2003.- с. 4.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
5. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В.. Агрегат для внесения биораствора в почву. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения // Тезисы докладов международной научно-производственной конференции, посвященной 25-летию образования Белгородской государственной сельскохозяйственной академии.- Белгород, 2003.- с. 135.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
  6. Пат. 2220520 РФ, МКИ<sup>7</sup> А 01 В 7/00, 21/08. Рабочий орган дисковой бороны/ Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. (Россия).-№2002128155/13; Заявлено 21.10.2002; Опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1.
  7. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. Расчет параметров дисковых рабочих органов и их размещение на оси батареи. Бюллетень научных работ ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия».- Белгород, 2004.- с. 14-25.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
  8. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. К расчету скорости движения произвольной точки рабочей поверхности сферического диска. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения // Тезисы докладов 8 международной научно-производственной конференции.- Белгород, 2004.- с. 23.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
  9. Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. Сравнительный анализ характера резания почвы вырезным и сплошным сферическими дисками. Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения // Тезисы докладов 8 международной научно-производственной конференции.- Белгород, 2004.- с. 26.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
- Ю.Булавин С. А., Любин В. Н., Рыжков А. В. Резание почвы дисковым рабочим органом. Бюллетень научных работ ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия».- Белгород, 2004.- с. 32-40.- /Издательство Белгородской ГСХА/.
11. Положительное решение о выдаче патента на изобретение. Дисковая борона с устройством для внесения биорастворов в почву, от 10.06.2004г. по заявке №2003112785/12 / Булавин С.А., Любин В.Н., Рыжков А.В. Приоритет от 29.04.2003.

**Подписано в печать 20.10.2004**

**Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.**

**Уч. изд. л. – 1,5. Тираж 100. Заказ № 96**

**Ромайор Белгородского областного Комитета Госстатистики**

**№ 19686**

РНБ Русский фонд

2005-4

16879