

На правах рукописи

Потапов Анатолий Анатольевич

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ
ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства (по техническим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ставрополь – 2011

Работа выполнена на кафедре «Процессы и машины в агробизнесе»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Ставропольский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: заслуженный изобретатель РФ,
доктор сельскохозяйственных наук (05.20.01),
профессор **Руденко Николай Ефимович**

Официальные оппоненты: заслуженный работник Высшей школы РФ,
доктор технических наук, профессор
Гапноев Татаркан Туганович

кандидат технических наук, доцент
Хижняк Владимир Иванович

Ведущая организация: **Новокубанский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех») – КубНИИТИМ**

Защита диссертации состоится «___» декабря 2011 г. в ___ часов на заседании объединенного диссертационного совета ДМ 220.062.05 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», с авторефератом диссертации – на официальном сайте ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет»: <http://www.stgau.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2011 г. и размещен на официальном сайте <http://www.stgau.ru> «___» _____ 2011 г. и ВАК Минобрнауки РФ: <http://vak.ed.dov.ru>

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

В. И. Марченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сошниковая группа – важнейший узел сеялки. Она должна удалять комки почвы с зоны рядка, готовить посевное ложе, укладывать семена на его плотное дно, выдерживать заданную глубину их заделки, обеспечивать хороший контакт семян с почвой, создавать рыхлый мульчирующий надсеменной слой.

Применяемые сошниковые группы, несмотря на их разнообразие, не в полной мере обеспечивают выполнение агротехнических требований, предъявляемых к посеву пропашных культур.

Работа выполнена в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы (раздел «Техническая и технологическая модернизация сельского хозяйства»), утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007 г. № 446.

Цель исследования – повышение качественных показателей посева путем совершенствования процесса заделки семян.

Объект исследования – технологический процесс заделки семян при посеве пропашных культур.

Предмет исследования – закономерности процесса заделки семян в зависимости от конструктивных и технологических параметров сошниковой группы сеялки.

Методика исследования включает теоретические исследования процесса заделки семян и тягового сопротивления многофункциональной сошниковой группы с использованием методов классической механики и математического анализа; экспериментальные исследования с применением тензометрического оборудования KYOWA, скоростной видеосъемки, методов планирования многофакторного эксперимента, оценки адекватности и достоверности полученных результатов, определения экономической эффективности.

Для проведения экспериментальных исследований были использованы существующие и разработанные лабораторные установки. Результаты измерений обрабатывались методами математической статистики с применением ЭВМ.

Научную новизну составляют:

- способ заделки семян при посеве путем их вдавливания в почву;
- аналитические зависимости, характеризующие взаимодействие семян с сошником и почвой;
- методика экспериментального определения плотности контакта семени с почвой после посева;

Практическая значимость. Разработана многофункциональная сошниковая группа, обеспечивающая повышение качественных показателей посева пропашных культур.

На защиту выносятся следующие положения:

- технологическая и конструктивная схемы многофункциональной сошниковой группы пропашной сеялки;
- уточненные параметры физико-механических свойств семян и почвы;
- теоретический анализ процесса заделки семян при посеве;
- рациональные параметры и режимы работы сошниковой группы сеялки;
- сравнительные показатели полевых исследований предложенных технических и технологических решений и их экономическая оценка.

Апробация работы. Основные результаты исследований изложены и рекомендованы к публикации на научных конференциях СтГАУ (Ставрополь, 2007–2009), АГУ (Астрахань, 2009), Горский ГАУ (Владикавказ, 2009), СГАУ (Саратов, 2010). Во Всероссийском смотре-конкурсе лучших научных работ аспирантов и молодых ученых вузов МСХ РФ, АЧГАА (Зерноград, 2007, 2008), КБГСХА (Нальчик, 2009), финале этого конкурса в СГАУ им. Вавилова (Саратов, 2010).

Реализация результатов исследования. Экспериментальный образец многофункциональной сошниковой группы пропашной сеялки прошел производственные испытания в КФХ «Любовь» Шпаковского района Ставропольского края. Эскизный проект передан в ЗАО «Техсервис», г. Георгиевск.

Материалы исследований используются в учебном процессе Ставропольского государственного аграрного университета.

Публикация материалов исследования. По материалам диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ, 4 из них – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы, включающего 110 наименований. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 51 рисунок, 37 таблиц и 9 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, цель работы, предмет и объект исследования, изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса. Обоснование цели и задач исследования» приведен краткий анализ способов посева пропашных культур, агротехнических требований, предъявляемых к посеву. Охарактеризованы существующие сошниковые группы, описаны рабочие органы, входящие в них.

По результатам анализа научных работ В. П. Чичкина, П. Я. Лобачевского, А. А. Будагова, В. А. Савенко, С. В. Кардашевского, Т. Т. Гаппоева, В. П. Бондаренко, Н. Е. Руденко, И. В. Горбачёва, Д. В. Бокова и др. ученых выявлены основные недостатки сошниковых групп пропашных сеялок и определены направления исследований для их устранения.

Применяемые сошниковые группы пропашных сеялок имеют ряд существенных недостатков. Они не обеспечивают стабильности расстояния между семенами в рядке (шаг посева); плотного контакта семени с почвой; создание рыхлого надсеменного слоя, улучшающего аэрацию. Не ведется уничтожение всходов сорняков одновременно с посевом.

На основании анализа литературных источников нами принята **рабочая гипотеза**:

– вдавливание в почву семян пропашных культур в процессе высева специально разработанным устройством обеспечивает равномерное распределение их в рядке и улучшает контакт с почвой.

Для проверки гипотезы определены **задачи исследования**:

1. На основе анализа способов заделки семян при посеве выявить основные направления их совершенствования и обосновать конструктивно-технологическую схему сошниковой группы пропашной сеялки.
2. Уточнить физико-механические и технологические свойства почвы и семян кукурузы, подсолнечника, влияющие на процесс их заделки при посеве.
3. Теоретически исследовать взаимодействие сошниковой группы с почвой и семенами.
4. Выявить взаимосвязь конструктивно-технологических параметров с силовыми характеристиками сошниковой группы.
5. Оценить качественные показатели работы многофункциональной сошниковой группы и её экономическую эффективность при посеве пропашных культур.

Во второй главе «Теоретические исследования» используется система «семена – сошник – почва».

Семена и почва как элементы системы имеют определенные исходные свойства, требующие как знания их, так и уточнения примени-

тельно к конкретным условиям исследования. Необходимо в результате воздействия рабочих органов сошниковой группы на семена и почву получить заданные по агротехническим требованиям показатели.

Величина перемещения семени вдоль рядка l , определяющая стабильность шага посева, зависит от рабочей скорости движения сеялки V , коэффициента восстановления семени при ударе о семенное ложе β , коэффициентов трения семени f_c и почвы $f_{гр}$, а также от конструктивных параметров k_{II} :

$$l = f(V, \beta, f_c, f_{гр}, k_{II}). \quad (1)$$

Исходя из этого и принятых рабочих гипотез процесс заделки семян при посеве пропашных культур (подсолнечника и кукурузы) можно представить в виде следующей технологической схемы:

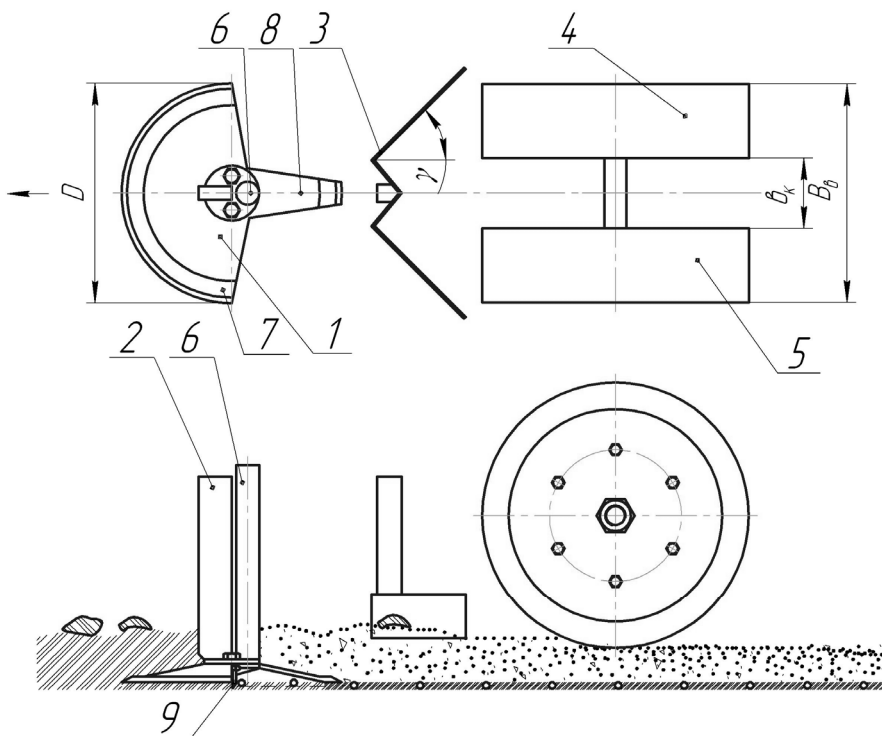
- подрезание и поднятие поверхностного слоя почвы лаповым сошником на глубину посева без сдвига в стороны и отбрасывания; одновременно проводится уплотнение семенного ложа и нарезка в нем клиновидной бороздки;
- перемещение семян на дно клиновидной подсеменной бороздки и их вдавливание в почву;
- присыпание семян поднятым рыхлым слоем почвы и выравнивание поверхности.

Для реализации такой технологической схемы предлагается многофункциональная сошниковая группа (рис. 1).

Технологический процесс работы осуществляется следующим образом: при движении сеялки сошник 1 подрезает сорняки, уплотняет семенное ложе, наральный 9 делает в нем клиновидную подсеменную бороздку, в которую падают семена из семяпровода 6 . Концевик 8 вдавливают семена в почву. Комкоудалитель-выравниватель 3 «забирает» валики почвы, образованные стойкой 2 сошника, и закрывает ими семена. При этом он смещает комки почвы, выводя их за зону действия копирующего катка, который состоит из двух частей $4, 5$, что исключает уплотнение почвы над семенами.

Сошник выполнен в виде лапы в форме перевернутой тарелки. На плоском дне закреплены стойка 2 и семяпровод 6 , на конце которого установлен наральный 9 . В задней половине сошника сделаны вырезы, образующие посередине концевик 8 , обеспечивающий вдавливание семян в почву.

Учитывая характер взаимодействия рабочих органов с почвой, обоснованы их конструктивные параметры.



1 – сошник тарелочный; 2 – стойка; 3 – комкоудалитель-выравниватель;
 4, 5 – правая и левая части катка копирующего; 6 – семяпровод;
 7 – обод горизонтальный; 8 – концевик; 9 – наральник

Рисунок 1 – Схема многофункциональной сошниковой группы

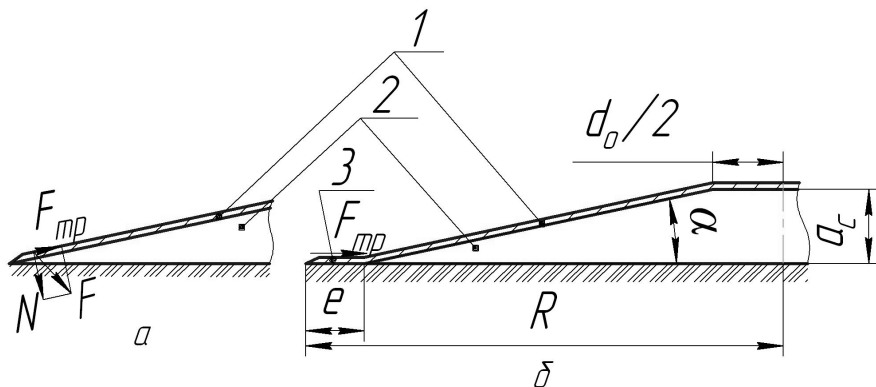
Диаметр тарелочного сошника D_c принят равным по величине двум защитным зонам $З_3$ ряда растений:

$$D_c = 2 \cdot З_3 = 200 \text{ мм.} \quad (2)$$

Задача тарелочного сошника – подрезание пласта, поделка посевного ложа с наименьшим смещением почвы. Эту функцию выполняет тарелочный сошник с углом наклона образующей конуса $\alpha = 12^\circ$.

Высота подсошникового пространства с учетом размеров наиболее крупных семян подсолнечника и кукурузы и наличия подсеменной бороздки $a_c = 12 \text{ мм}$.

Для того чтобы избежать попадания почвы в подсошниковое пространство под действие результирующей силы F (рис. 2а), выполнен горизонтальный обод шириной e , заточенный по краям. При наличии такого обода сила F исключается (рис. 2б).



1 – сошник тарелочный; 2 – пространство подсошниковое;
3 – обод горизонтальный; а – без обода; б – с ободом

Рисунок 2 – Схема воздействия почвы на лезвие тарелочного сошника

Как видно из рисунка 2:

$$e = R - 0,5d_0 - \frac{a_c}{\operatorname{tg}\alpha} \text{ мм}, \quad (3)$$

где R – радиус тарелочного сошника, мм; $d_0 = 55$ мм – диаметр основания тарелочного сошника.

$$e = 100 - 0,5 \cdot 55 - \frac{12}{0,218} = 17,5 \text{ мм}. \quad (4)$$

Принимаем $e = 20,0$ мм.

Наральник имеет форму клина с углом, равным углу трения семени по почве: $\delta = 2\varphi_c$.

Комкоудалитель-выравниватель выполнен в W-образном виде (поз. 3 рис. 1). Это обеспечивает заделку бороздки после стойки сошника и выравнивание почвы перед копирующим катком. Угол наклона концевых пластин к продольной плоскости γ меньше угла трения почвы по стальной поверхности φ : $\gamma \leq \varphi$.

Расстояние e_k между левой и правой частями копирующего катка определяют исходя из величины боковой деформации почвы в результате образования колес:

$$e_k = 4h_k \cdot \operatorname{tg}\varphi \text{ мм}, \quad (5)$$

где h_k – глубина колес, мм; φ – угол внутреннего трения почвы, град.

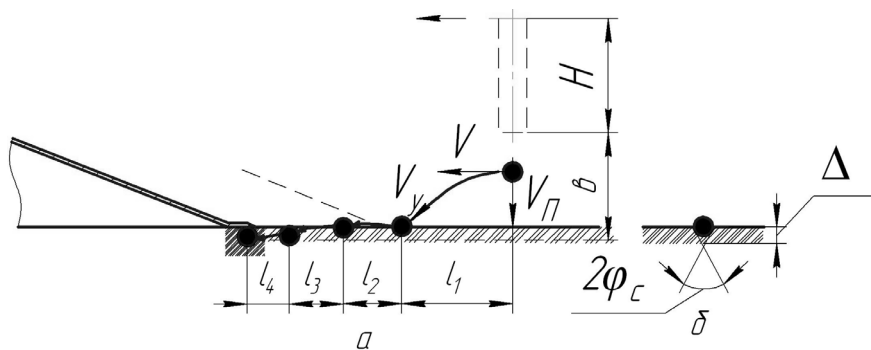
В качестве математической модели системы «сошник – семена – почва» принимаются аналитические зависимости, связывающие физико-механические и технологические свойства почвы и семян, параметры и режимы работы сошника.

После выхода из семяпровода семя находится в полете, пролетая под действием силы инерции и силы тяжести в горизонтальной проекции путь l_1 (рис. 3). При падении в подсеменную бороздку семя под действием части кинетической энергии и упругости подскакивает, перемещаясь на длину l_2 . Затем на него воздействует коническая плоскость тарелочного сошника, перемещая на расстояние l_3 , и горизонтальный обод – l_4 .

Суммарное отклонение l равно

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \text{ м}, \quad (6)$$

где l_1 – расстояние перемещения от места выпадания семени до его первого соприкосновения с почвой, м; l_2 – расстояние перемещения в результате отскакивания, м; l_3 – расстояние перемещения в результате воздействия конической плоскости тарелочного сошника, м; l_4 – расстояние перемещения под воздействием горизонтального обода тарелочного сошника, м.



a – зона перемещения семени; b – схема размещения семени в подсеменной бороздке
Рисунок 3 – Отклонение семян вдоль рядка от точки выпадания их из семяпровода

Расстояние l_1 зависит от скорости рабочего движения сеялки и скорости падения семени:

$$l_1 = \frac{V \cdot a}{\sqrt{2g \cdot (H + a + \Delta)}} \text{ м,} \quad (7)$$

где V – скорость рабочего движения сеялки, м/с; a – высота тарелочного сошника, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – длина семяпровода, м; Δ – глубина подсеменной бороздки, м.

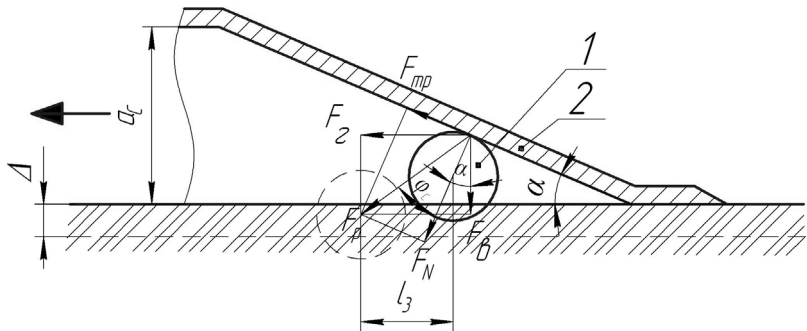
Величину l_2 во многом определяет коэффициент восстановления при ударе β .

$$l_2 = \frac{\beta \cdot (R - e - 0,5 \cdot d_o)}{V} \cdot \sqrt{V^2 + 2g(H + a + \Delta)} \text{ м,} \quad (8)$$

где β – коэффициент восстановления семени при ударе; R – радиус тарелочного сошника, м.

При $\beta = 0$, $l_2 = 0$.

Перемещение семени после отскока l_3 происходит под действием результирующей силы F_p (рис. 4).



1 – семя; 2 – концевик сошника тарелочного

Рисунок 4 – Схема воздействия концевика сошника на семя

$$l_3 = [(a_c + \Delta) - d] \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_c) \text{ м,} \quad (9)$$

где α – угол крошения (наклона образующей), град; φ_c – угол трения семени по стальной поверхности, град; d – эквивалентный диаметр семени $d = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$, м (Н. Н. Ульрих); a, b, c – средние значения длины, ширины, толщины семени, м.

Расстояние

$$l_4 = \frac{(f_{II} - f_c) \cdot (d - \Delta) \cdot e}{d} \text{ м,} \quad (10)$$

где f_c, f_{II} – коэффициенты трения семени по стальной поверхности и по почве соответственно.

При $\Delta = d, l_4 = 0$.

Подставив выражения 7, 8, 9, 10 в формулу 6, получим отклонение семени от точки выпадания из семяпровода до его вдавливания в почву.

$$l = \frac{V \cdot a}{\sqrt{2g \cdot (H + a + \Delta)}} + \frac{\beta(R - e - 0,5d_o)}{V} \sqrt{V^2 + 2g \cdot (H + a + \Delta)} + [(a_c + \Delta) - d] \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_c) + \frac{(f_{II} - f_c) \cdot (d - \Delta) \cdot e}{d} \text{ м.} \quad (11)$$

Полученная зависимость связывает основные конструктивные параметры, технологические свойства почвы, семян и позволяет определить отклонение l в зависимости от условий работы, скорости движения сеялки.

Силу сопротивления почвы вдавливанию в неё семени находят по формуле

$$F_s = q \cdot S \cdot h \cdot (1 + f_c) = q \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot (1 + f_c) \text{ Н,} \quad (12)$$

где q – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³; S – площадь сечения семени, м².

Вдавливание семян в почву происходит на глубину до 8...12 мм. По данным В. А. Сакуна, при вдавливании деформатора в почву «...деформации почвы в первой фазе – фазе уплотнения – всегда затухающие...». Они «...не зависят от времени действия».

Усилие отрыва семени от почвы после вдавливания определяют по следующей зависимости:

$$F_{OT} = q \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot f_c \cdot \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{d - \Delta}{d} \text{ Н,} \quad (13)$$

где F_{OT} – усилие отрыва семени от почвы после вдавливания, Н; ε – коэффициент, учитывающий влияние скорости.

При $\Delta = d, F_{OT} = 0$.

Усилие отрыва F_{OT} должно быть больше суммы сил тяжести семени F_T и усилия прилипания F_{II} : $F_{OT} > F_T + F_{II}$

Способ воздействия тарелочного сошника на почву отличается от способа воздействия полозовидного сошника.

Тарелочный сошник подрезает и частично крошит, путем сжатия, подрезанный слой почвы.

Полозовидный сошник прорезает бороздку, сминает, вдавливает почву, образуя уплотненное дно и стенки.

Силу сопротивления движению сошника в почве, в соответствии с теорией академика В. П. Горячкина, можно представить в общем виде:

$$F_T = F_C + F_{TP} H, \quad (14)$$

где F_C – сила сопротивления (реакция) почвы, Н; F_{TP} – сила трения почвы по поверхности сошника, Н.

Исходя из способа воздействия для тарелочного сошника:

$$F_{TB} = k \cdot D \cdot a \cdot \varepsilon + m_{ms} \cdot g \cdot f_1 H, \quad (15)$$

где k – удельное сопротивление почвы, Н/м²; m_{ms} – масса секции, приходящаяся на тарелочный сошник, кг.

Для полозовидного сошника:

$$F_{TK} = q \cdot h \cdot e_c \cdot e_c \cdot \varepsilon + m_{mk} \cdot g \cdot f_1 H, \quad (16)$$

где e_c – ширина сошника, м; e_c – длина вдавливающей части сошника, м; m_{mk} – масса сеялки, приходящаяся на полозовидный сошник, кг.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» описаны общая и частные методики экспериментальных исследований, изложен перечень оборудования и приборов, используемых при проведении опытов.

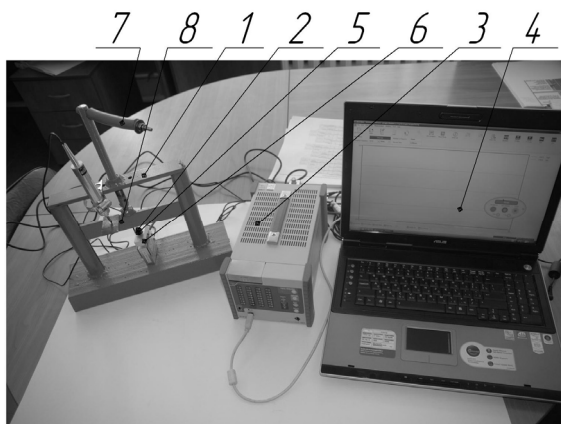
Представлены методики определения влажности семян при помощи влагомера «Эвла-С»; фрикционных свойств семян на лабораторной установке «Трибометр»; коэффициента восстановления семян при ударе с использованием скоростной видеосъемки. Использованы семена кукурузы сорта К-180, подсолнечника сорта Лакомка.

Дана методика определения усилия, необходимого для разрушения семян подсолнечника и кукурузы. Для определения разрушающих нагрузок разработана лабораторная установка (рис. 5).

Семена 2 укладывают на предметную площадку 5 тензометрического датчика силы 6. При вращении рукоятки 7 активная площадка 8 воздействует на семя до его разрушения.

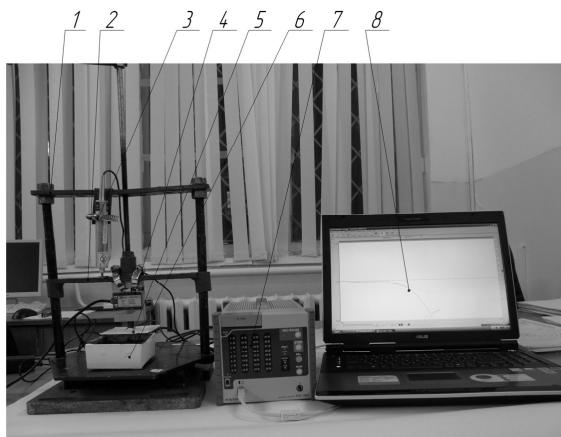
Регистрирующее оборудование фиксирует усилие, приложенное к семени по времени.

Описаны методики определения нормального напряжения сжатия, коэффициента объемного смятия почвы и усилия, необходимого для вдавливания семени в почву с применением лабораторной установки «Пресс» (рис. 6).



1 – пресс винтовой; 2 – исследуемое семя; 3 – тензометрическая станция KYOWA;
 4 – компьютер с программным обеспечением; 5 – площадка предметная;
 6 – датчик тензометрической силы растяжения-сжатия «DACELL» UU-K100;
 7 – рукоятка; 8 – площадка активная

Рисунок 5 – Установка для изучения прочностных характеристик семян



1 – установка лабораторная «Пресс»; 2 – площадка активная; 3 – датчик перемещения «DASELL» DLH-A-30; 4 – датчик силы растяжения-сжатия «DACELL» UU-K100; 5 – площадка давящая; 6 – емкость с почвой; 7 – станция тензометрическая «KYOWA»; 8 – компьютер с программным обеспечением

Рисунок 6 – Лабораторная установка для определения нормального напряжения сжатия почвы, коэффициента объемного смятия почвы и усилия вдавливания семян в почву

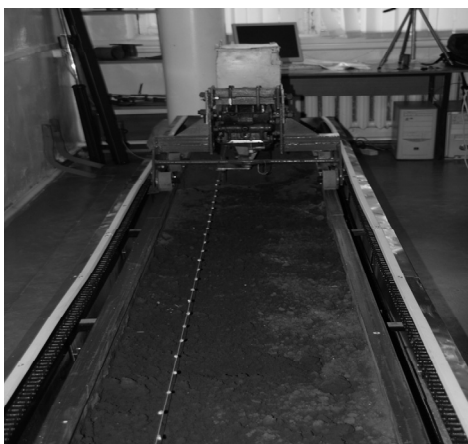


Рисунок 8 – Установка «Почвенный канал» с оборудованием для исследования процесса заделки семян

На основании теоретических исследований по формуле 13 установлено, что на процессы заделки семян в почву и усилие отрыва семени от почвы влияют два фактора: скорость движения сеялки V , м/с, и глубина подсеменной бороздки Δ , м.

Для определения рациональных значений факторов, влияющих на процесс заделки семян в почву, проведен полный факторный эксперимент типа 2^2 . За критерий оптимизации принимаем отклонение от точки выпадания семени из семяпровода l ($Y1$) и усилие отрыва семени от почвы после вдавливания $F_{от}$ ($Y2$).

Результаты выбора основных факторов и уровней их варьирования для эксперимента ПФЭ 2^2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные факторы и уровни их варьирования

Уровень	Факторы			
	Скорость движения сеялки		Глубина подсеменной бороздки	
	натуральное обозначение	кодированное обозначение	натуральное обозначение	кодированное обозначение
	V , м/с	$X1$	Δ , м	$X2$
Верхний	2,5	+1	0,004	+1
Основной	2,0	0	0,002	0
Нижний	1,5	-1	0	-1

Полевые исследования проводили в соответствии с методикой ФГУ «Кубанская МИС» по ТУ 4732-012-48611500-04.

В четвертой главе «Результаты и анализ экспериментальных исследований» представлены результаты проведенных лабораторных и полевых исследований.

Экспериментально уточнены размерно-массовые и физико-механические характеристики семян кукурузы сорта К-180, подсолнечника сорта Лакомка и почвы – предкавказский выщелочный чернозем. Установлено, что для семян подсолнечника средние размеры составляют: длина – 13,9 мм; ширина – 7,5 мм; толщина – 4,8 мм ($d = 7,9$ мм); масса 1000 семян – 116,0 г; для кукурузы: длина – 11,6 мм; ширина – 4,6 мм; толщина – 8,2 мм ($d = 7,6$ мм); масса 1000 семян – 268,0 г. Коэффициент динамического трения по стальной поверхности для семян: подсолнечника – 0,36; кукурузы – 0,46. Угол трения семени по почве: подсолнечника – 27,4 град; кукурузы – 31,2 град. Коэффициент трения семени подсолнечника по почве – 0,52; кукурузы – 0,62. Угол внутреннего трения почвы – 32,4 град, угол трения почвы по стальной поверхности – 24,1 град.

Коэффициент восстановления семени при ударе аппроксимируется следующей зависимостью: $\beta = k_g \cdot (d - \Delta)$. Для семян кукурузы коэффициент аппроксимации $k_g = 30,3$; подсолнечника – 19,6. Нормальное напряжение сжатия почвы составляет 1974,4 Н/м², коэффициент объемного смятия – 1772960,1 Н/м³.

Для разрушения семян при приложении нагрузки в трех плоскостях – длина, ширина, высота требуется усилие: для подсолнечника 15,1; 40,5; 88,1 Н соответственно, для кукурузы – 146,2; 248,6; 232,3 Н соответственно. Для вдавливания семян в почву необходимо усилие по плоскостям для семян кукурузы: 5,3; 6,4; 8,8 Н и для семян подсолнечника 6,5; 12,3; 12,5 Н. Усилие вдавливания семян в почву меньше, чем усилие их разрушения. Подтверждается возможность их вдавливания в почву при посеве без нарушения целостности.

В результате проведения ПФЭ 2² составлены уравнения регрессии: в кодированном виде:

$$Y_1 = 0,031 + 0,00183 \cdot X_1 - 0,006 \cdot X_2, \quad (17)$$

$$Y_2 = 0,1432 - 0,04075 \cdot X_1 - 0,052 \cdot X_2 + 0,012 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (18)$$

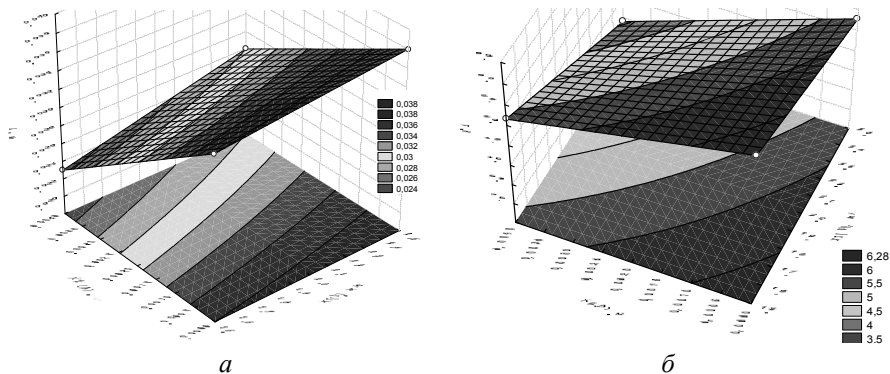
в натуральном виде:

$$l = 0,02968 + 0,00366V - 3\Delta, \quad (19)$$

$$F_{от} = 0,4062 - 0,1055V - 50,0\Delta + 12,0V \cdot \Delta. \quad (20)$$

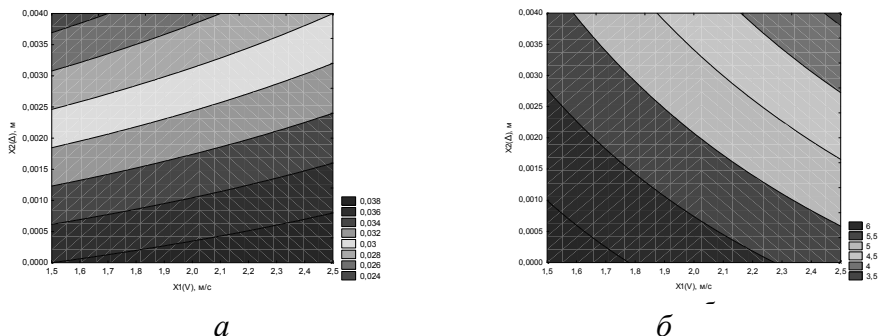
Они устанавливают зависимость между параметрами рационализации – отклонением от точки выпадания семян l , усилием отрыва семени от почвы после вдавливания $F_{от}$ и факторами: скоростью движения сеялки V и глубиной подсеменной бороздки Δ .

По построенным двумерным сечениям поверхностей отклика (рис. 9, 10) установлено, что рациональной для подсеменной бороздки является глубина $\Delta = 0,0040$ м, при скорости $V = 2,0$ м/с.



а – зависимость величины отклонения от точки выпадания семян l от скорости движения сеялки V и глубины подсеменной бороздки Δ ; *б* – зависимость усилия отрыва семени от почвы после вдавливания $F_{от}$ от скорости движения сеялки V и глубины подсеменной бороздки Δ

Рисунок 9 – Поверхности отклика отклонения от точки выпадания и усилия отрыва семени от почвы после вдавливания



а – зависимость величины отклонения от точки выпадания семян l от скорости движения сеялки V и глубины подсеменной бороздки Δ ; *б* – зависимости усилия отрыва семени от почвы после вдавливания $F_{от}$ от скорости движения сеялки V и глубины подсеменной бороздки Δ

Рисунок 10 – Изолинии поверхности отклика

Для сопоставления полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований построены графики (рис. 11).

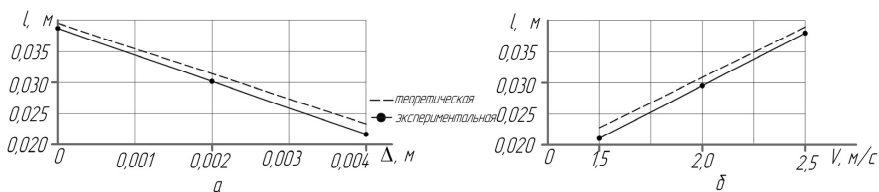


Рисунок 11 – Теоретические и экспериментальные зависимости длины перемещения l семени вдоль рядка при скорости движения сеялки $V = 2,0$ м/с (а) и глубине подсеменной бороздки $\Delta = 0,004$ м (б)

Из приведенных графиков видно, что теоретические и экспериментальные кривые имеют близкую закономерность.

Сопоставление полученных результатов проводилось с использованием χ^2 – критерия Пирсона.

С увеличением скорости движения сеялки и глубины подсеменной бороздки усилие отрыва семени от почвы уменьшается (рис. 12).

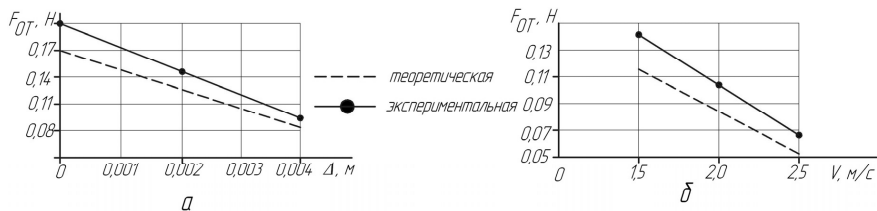


Рисунок 12 – Теоретические и экспериментальные зависимости усилия отрыва F_{OT} семени от почвы после вдавливания при скорости движения сеялки $V = 2,0$ м/с (а) и глубине подсеменной бороздки $\Delta = 0,004$ м (б)

Тяговое сопротивление стандартной сошниковой группы (сеялки СУПН-8А) на 16–19 % больше, чем у экспериментальной (рис. 13). Полученные экспериментальные зависимости адекватны теоретическим.

В результате полевых исследований (рис. 14) установлено, что основные показатели качества работы многофункциональной сошниковой группы соответствуют агротехническим требованиям в отличие от контроля (сеялки СУПН-8А) (табл. 2).

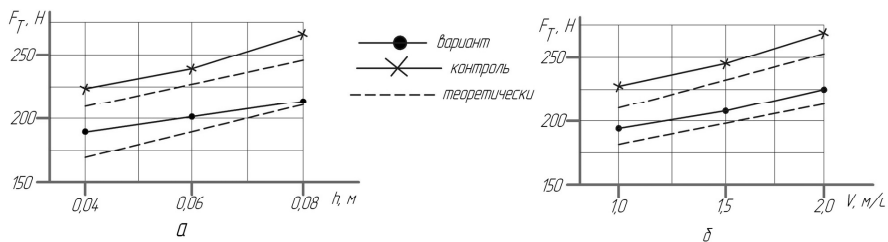


Рисунок 13 – Теоретические и экспериментальные зависимости тягового сопротивления сошников при скорости движения сеялки $V = 2,0$ м/с (а) и глубине подсеменной бороздки $\Delta = 0,004$ м (б)



Рисунок 14 – Фрагмент посевного агрегата, оборудованного стандартной (1) и многофункциональной (2) сошниковыми группами

Таблица 2 – Показатели качества посева

Показатель	Агротехнические требования	Вариант	Контроль
Разрыв между предпосевной обработкой почвы и посевом	минимальный (до 30 мин)	операции совмещены	–
Шаг посева (средний), м	параметры посева	0,24	0,26
Коэффициент вариации расстояния между семенами в рядке, %	до 20	8,3	27,0

Показатель	Агротехнические требования	Вариант	Контроль
Глубина заделки семян (средняя), мм	60,0	58,0	56,0
Коэффициент вариации глубины заделки семян, %	до 10	2,94	7,76
Отклонение семян от линии рядка (среднее), мм	до 10	1,8	15,0
Плотность почвы (средняя), т/м ³ :			
– в зоне семян	1,15–1,25	1,23	1,01
– в надсеменном слое	0,7–0,9	0,84	1,54

В пятой главе «Технико-экономическая эффективность многофункциональной сошниковой группы» представлены расчеты, которые показали, что годовой экономический эффект составляет 116102,8 руб., срок окупаемости дополнительных затрат не превышает 1,4 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Применяемые сошниковые группы пропашных сеялок не в полной мере обеспечивают выполнение агротехнических требований: коэффициент вариации расстояния между семенами в рядке превышает 20 %, поверхностное прикатывание рядка копирующим катком не вполне отвечает условиям прорастания семян, одновременно с посевом не ведется уничтожение всходов сорняков.
2. Предложена технологическая и конструктивная схема многофункциональной сошниковой группы, позволяющей качественно заделывать семена путем вдавливания их в подсеменную бороздку, выполнять отвод комков из зоны рядка и прикатывать рядок без уплотнения почвы над ним. Обоснованы параметры предлагаемых рабочих органов: диаметр тарелочного сошника $D = 200$ мм; угол крошения $\alpha = 12^\circ$; ширина горизонтального обода $e = 20$ мм; комкоудалитель-выравниватель W-образной формы; копирующий каток, состоящий из двух частей, каждая шириной 70 мм, с расстоянием между ними 60 мм.
3. Уточнены параметры физико-механических и технологических свойств предкавказского выщелочного чернозема, семян кукурузы К-180 и подсолнечника Лакомка: коэффициент внутренне-

- го трения почвы 0,63; нормальное напряжение сжатия почвы – 1974,4 Н/м²; коэффициент объемного смятия – 1772960,1 Н/м³; коэффициент динамического трения по стальной поверхности для семян: кукурузы – 0,46; подсолнечника – 0,36. Коэффициент восстановления семени при ударе аппроксимируется следующей зависимостью $\beta = k_{\sigma} \cdot (d - \Delta)$. Для семян кукурузы коэффициент аппроксимации $k_{\sigma} = 30,3$; подсолнечника – 19,6.
4. Для разрушения семени при приложении нагрузки по длине, ширине, высоте его требуется усилие соответственно – для семян кукурузы 146,2; 248,6; 232,3 Н; для семян подсолнечника 15,1; 40,5; 88,1 Н. Максимальное усилие, необходимое для вдавливания семян в почву, составляет: для кукурузы 8,8 Н; для подсолнечника 12,5 Н. Усилие отрыва семян от почвы составляет 0,08–0,13 Н. Вдавливание семян в почву влажностью 18 % исключает повреждение семян и обеспечивает плотный контакт их с почвой.
 5. Установлено лабораторными исследованиями, что определяющими факторами стабилизации шага посева является глубина подсеменной бороздки Δ и скорость движения сеялки V . По полученным поверхностям откликов выявлено, что рациональная глубина подсеменной бороздки равна $\Delta = 0,004$ м, скорость $V = 2,0$ м/с.
 6. Предложенная сошниковая группа обеспечивает лучшие показатели качества посева в сравнении с применяемой сошниковой группой сеялки СУПН-8А, а именно: коэффициент вариации расстояния между семенами в рядке 8,3 %, глубины заделки семян – 2,94 %, в контроле соответственно – 27,0 и 7,76 %; плотность почвы в зоне размещения семян составляет 1,23 т/м³, в надсеменном слое – 0,84 т/м³, в контроле соответственно – 1,01 и 1,54 т/м³.
 7. Расчетная годовая эффективность от внедрения многофункциональной сошниковой группы пропашной сеялки составляет 116102,8 руб., срок окупаемости затрат 1,4 года.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Руденко, Н. Е. Исследование процесса заделки семян тарелочным сошником [Текст] / Н. Е. Руденко, А. А. Потапов // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 5. – С. 34–35 (соискатель 60 %).

2. Потапов, А. А. Тяговое сопротивление многофункциональной сошниковой группы пропашной сеялки [Текст] / А. А. Потапов, Н. Е. Руденко // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 9. – С. 54–55 (соискатель 60 %).
3. Потапов, А. А. Модернизация сошниковой группы пропашной сеялки [Текст] / А. А. Потапов, Н. Е. Руденко // Сельский механизатор. – 2010. – № 2. – С. 7 (соискатель 60 %).
4. Потапов, А. А. Высокотехнологичная сошниковая группа пропашной сеялки [Текст] / А. А. Потапов, Н. Е. Руденко // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 4. – С. 12–14 (соискатель 60 %).

Публикации в других изданиях

5. Руденко, Н. Е. Обоснование технологической схемы сошниковой группы пропашной сеялки [Текст] / Н. Е. Руденко, Е. В. Кулаев, А. П. Ляхов, А. А. Потапов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции, СтГАУ. – Ставрополь, 2008. – С. 168–173 (соискатель 40 %).
6. Руденко, Н. Е. Технологические и конструктивные особенности сошниковых групп сеялок [Текст] / Н. Е. Руденко, А. А. Потапов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции, СтГАУ. – Ставрополь, 2008. – С. 182–185 (соискатель 60 %).
7. Потапов, А. А. Физико-механические свойства почвы и семян пропашных культур (на примере подсолнечника) [Текст] / А. А. Потапов, Н. Е. Руденко // Известия Горского государственного аграрного университета, Горский ГАУ. – Владикавказ, 2009. – С. 96–100 (соискатель 60 %).
8. Потапов, А. А. Комбинированная сошниковая группа пропашной сеялки [Текст] / А. А. Потапов, В. Н. Руденко // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса : Всероссийская конференция студентов и молодых ученых с элементами научной школы, АГУ. – Астрахань, 2009. – С. 262–263 (соискатель 60 %).

Подписано в печать 21.10.2011. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 352.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Мира, 302.