

На правах рукописи

Шаповалов Дмитрий Евгеньевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА
ПО СЕМЯПРОВОДАМ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВЫСЕВА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Зерноград – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГБОУ ВПО АЧГАА)

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Несмиян Андрей Юрьевич

Официальные оппоненты: **Краснов Иван Николаевич**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО АЧГАА, профессор кафедры)

Зубрилина Елена Михайловна
кандидат технических наук, доцент
(ФГБОУ ВПО СтГАУ, зав. кафедрой)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказская зональная машиноиспытательная станция»
(ФГБУ «Северо-Кавказская МИС»,
г. Зерноград)

Защита состоится « 6 » сентября 2012 г. в 12-30 часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.001.01, созданного при «Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии» (ФГБОУ ВПО АЧГАА) по адресу: 347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Ленина 21 (зал заседаний диссертационного совета)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО АЧГАА.

Автореферат разослан « 23 » июля 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор

Н.И. Шабанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Подсолнечник – основная масличная культура в нашей стране. Суммарное содержание жира и сырого белка в семенах составляет в среднем 84–87%.

На урожайность подсолнечника, как и других пропашных культур, значительное влияние оказывает своевременность и качество посева. Ввиду этого необходимо дальнейшее совершенствование средств механизации посева подсолнечника, которые могли бы обеспечить равномерность размещения семян по площади поля при увеличенных скорости движения и ширине захвата посевного агрегата.

Равномерность распределения семян пропашных культур в рядке во многом определяется качеством работы высевающего аппарата сеялки. Наиболее перспективным в этом направлении является применение пропашных сеялок централизованного высева, снабженных аппаратами избыточного давления, дозирующие элементы которых, за счет активного захвата семян, обеспечивают их качественное дозирование при высоких скоростях работы агрегата, снижая неравномерность подачи посевного материала до 5–8%.

Наряду с качественным дозированием, на равномерное однозерновое размещение семян в борозде с соблюдением заданной глубины заделки семян, расстояний между семенами и минимального отклонения от оси рядка, оказывает работа транспортирующей системы сеялки.

К недостаткам транспортирующей системы сеялок с высевающими аппаратами избыточного давления в первую очередь можно отнести перераспределение потока семян при их подаче от аппарата к борозде, а также высокую скорость воздуха на выходе из пневмосемяпровода, что влечёт за собой выдувание семян и почвы из борозды.

Таким образом, исследование процесса пневмотранспортирования с целью определения рациональной конструкции и параметров пневмосемяпроводов является актуальным и перспективным направлением научной работы, имеющим важное народнохозяйственное значение.

Научная гипотеза. Увеличение урожайности подсолнечника возможно путём более качественного распределения семян в рядке посева, за счёт повышения равномерности их потока при пневмотранспортировании и снижения скорости воздушного потока на выходе из пневмосемяпровода.

Рабочая гипотеза. Повышение равномерности потока семян в пневмосемяпроводе может быть достигнуто путём подбора его рациональных параметров и режимов работы. Снижения скорости воздушного потока на выходе из пневмосемяпровода можно добиться рациональным использованием сквозных щелевых элементов (гасителей).

Цель диссертационной работы – повышение качества посева пропашных культур пневматическими сеялками централизованного высева путём применения пневмосемяпроводов, снижающих скорость воздушного потока на выходе в сошниковую группу и обеспечивающих равномерное распределение семян по дну борозды.

Объект исследования – процесс пневмотранспортирования семян в пневмосемяпроводе сеялки централизованного высева.

Предмет исследования – закономерности процесса пневматического транспортирования семян в пневмосемяпроводе сеялки централизованного высева.

Методы исследования. Для достижения поставленной цели использовались методы теоретической механики, гидравлики, теории вероятностей, математической статистики, планирования, эксперимента.

Научная новизна. Разработаны элементы движения единичного семени по пневмосемяпроводу со щелевыми элементами в виде сквозных прорезей, учитывающие его основные параметры и режимы процесса.

Практическая значимость. Результаты исследований рекомендуется использовать при проектировании сеялок с пневмотранспортированием семян. Полученные регрессионные математические модели могут быть использованы для определения рациональных параметров пневмосемяпровода, а также для настройки рабочего процесса на сеялках централизованного высева.

На защиту выносятся:

- элементы теории процесса транспортирования единичного семени по пневмосемяпроводу сеялки централизованного высева;
- статистическая математическая модель влияния параметров пневмосемяпровода и режимов работы высевающего аппарата избыточного давления на равномерность интервалов подачи семян в борозду;
- конструкция пневмосемяпровода сеялки централизованного высева, позволяющего значительно снижать скорость семени и воздуха в подсошниковом пространстве;
- рациональные параметры пневмосемяпровода сеялки централизованного высева.

Реализация результатов работы. Пневмосемяпровод с гасителем воздушного потока внедрен в крестьянско-фермерском хозяйстве Мосягина Станислава Евгеньевича в Мечётинском сельском поселении Зерноградского района Ростовской области и в ООО «Южный ветер» города Зернограда Ростовской области.

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены, одобрены и рекомендованы к публикации на научно-технических конферен-

циях АЧГАА (2008–2012 гг.), ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) (2008–2012 гг.), СтГАУ (2011 г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 10 работах, в том числе четыре в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, и два патента на изобретения «Семяпровод пневматической сеялки».

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, содержит 145 страниц компьютерного текста, 58 рисунков, 19 таблиц, список литературы из 137 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, её практическая значимость, изложены положения, выносимые на защиту.

В первой главе «*Общее состояние механизации посева пропашных культур*» дан обзор конструкций сеялок централизованного высева, выполнен анализ конструкций семяпроводов, проведён анализ работ по исследованию процесса пневмотранспортирования сыпучих материалов.

Большой вклад в теорию посевных машин внесли академики В.П. Горячкин, П.М. Василенко, А.Н. Карпенко, М.Н. Летошнев, Г.Е. Листопад и многие другие ученые.

Проведенный анализ показал, что в последние годы во многих странах Европы все большую популярность получают сеялки с одним центральным высевающим аппаратом на несколько сошниковых групп. Однако пневмосемяпроводы таких сеялок значительно ухудшают равномерность подачи семян в борозду от аппарата. Закономерности движения семян по пневмосемяпроводам избыточного давления исследованы недостаточно, нет определенных рекомендаций по выбору рациональных параметров пневмосемяпроводов с учетом сортовых особенностей семян.

Исследованию процесса пневмотранспортирования сыпучих материалов посвятили свои работы: В.В. Баранов, С.Я. Богачёв, Г.А. Василенко, П.М. Василенко, Н.И. Шабанов, Ю.Б. Воронин, А.В. Голубев, Ф.Г. Зуев, Г.И. Ивко, Н.В. Кислов, В.Е. Комаристов, И.Д. Корж, В.В. Котов, Е.В. Красильников, К.К. Курилович, А.В. Пикалов, А.С. Реуцкий, А.Н. Семёнов, А.Е. Смолдырев, В.П. Чичкин, В.Н. Чикильдин и др.

На основании проведенного анализа работ по исследованию процесса пневмотранспортирования сыпучих материалов и в соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи исследования:**

1. Разработать математическую модель, характеризующую влияние параметров пневмосемяпровода на равномерность подачи семян в борозду.

2. Обосновать рациональные параметры пневмосемяпровода пропашной сеялки избыточного давления.

3. Разработать конструкцию гасителя воздушного потока пневмосемяпровода, провести анализ работы пневмосемяпровода с предложенным гасителем потока воздуха.

4. Обосновать экономическую целесообразность внедрения пневмосемяпровода разработанной конфигурации в производство.

Во второй главе «Элементы теории процесса движения единичного семени по пневмосемяпроводу сеялки централизованного высева» описан процесс движения семени по пневмосемяпроводу, определены скорости движения воздуха и семени, коэффициент вариации интервалов подачи семян пневмосемяпроводом в борозду, а также определены параметры устройства для снижения скорости движения семян на выходе из пневмосемяпровода.

При определении скоростей семян учитывается форма пневмосемяпровода и силы, действующие на семя при его движении в воздушном потоке. В исследуемом варианте пневмосемяпровод круглого сечения с гладкими стенками имеет сложную форму. По всей длине пневмосемяпровода можно выделить 4 различных участка (рисунок 1).

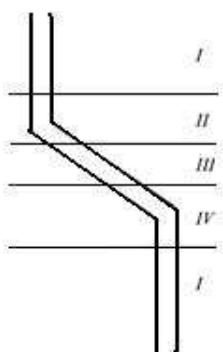


Рисунок 1 – Схема конфигурации семяпровода:

I – прямолинейный вертикальный участок;

II – поворот вертикаль-горизонталь;

III – прямолинейный наклонный участок;

IV – поворот горизонталь-вертикаль

Для вертикальных участков движения семян приняты следующие допущения:

- движение семени происходит вдоль оси воздушного потока, и сила сопротивления воздуха не учитывается;
- сила трения и сила нормального давления учитываются эмпирически;
- вращение семени не учитывается;
- коэффициент аэродинамического сопротивления не зависит от расположения семени в пространстве и имеет постоянное значение;
- начальная скорость семени близка к нулю;
- скорость воздушного потока не меняет своего значения по всей длине пневмосемяпровода.

Перемещение семени происходит под воздействием силы тяжести и воздушного потока, величина которого характеризуется силой воздействия

воздушного потока или аэродинамической силой. В общем случае аэродинамическая сила может быть выражена зависимостью

$$F_a = f \cdot F_t \cdot \rho (v_B - v_c)^2 + \frac{k \cdot A \cdot \rho \cdot (v_B - v_c)^2}{2}, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения воздушного потока о семя;

F_t – величина поверхности трения, м²;

v_B – скорость воздушного потока, м/с;

v_c – скорость семени, помещенного в воздушный поток, м/с;

k – коэффициент аэродинамического сопротивления;

A – Миделево сечение семени, м²;

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Пневматическое транспортирование осуществляется при турбулентном режиме воздушного потока, когда число Рейнольдса $R_e = 10^4 - 10^6$.

В этом случае преобладающее значение имеет второй член уравнения. Пренебрегая значением первого члена уравнения, получим

$$F_a = \frac{k \cdot A \cdot \rho \cdot (v_B - v_c)^2}{2}. \quad (2)$$

С учетом принятых допущений скорость движения семени на выходе из выбросного отверстия пневмосемяпровода можно определить из уравнения (3), составленного на основании анализа сил, действующих на семя.

$$v_c = \left(\frac{dx}{dt} \right)_c = \int_0^t \left(\frac{2 \cdot k_n \cdot v_B \cdot t - 1 \pm \sqrt{(2 \cdot k_n \cdot v_B \cdot t + 1)^2 - 4 \cdot k_n^2 \cdot v_B^2 \cdot t^2}}{2 \cdot k_n \cdot t^2} + g \right) dt, \quad (3)$$

где t – время движения семени, с;

k_n – коэффициент парусности, м⁻¹;

v_B – скорость воздушного потока, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Задача работы – исследование влияния параметров семяпровода на равномерную подачу семян. В качестве основной характеристики равномерности интервалов подачи семян принимаем коэффициент вариации

$$V = \frac{\sigma}{v_{cp}} \cdot 100\%,$$

где σ – среднее квадратическое отклонение скоростей движения семян, м/с;

v_{cp} – средняя скорость движения семян, м/с.

В свою очередь, средняя скорость движения семян

$$v_{cp} = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{c_{cp}} = \frac{\left(\frac{dx}{dt} \right)_{c_{\max}} + \left(\frac{dx}{dt} \right)_{c_{\min}}}{2}.$$

Предполагая нормальный закон распределения значений скоростей движения семян по пневмосемяпроводу, определим

$$\sigma = \frac{\left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \max} - \left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \min}}{6}, \quad (4)$$

$$V = \frac{\left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \max} - \left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \min}}{3 \cdot \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \max} + \left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \min} \right]}. \quad (5)$$

Одной из причин вариативности скоростей движения семени является то, что числовые значения величины осредненной скорости турбулентного воздушного потока в различных точках поперечного сечения неодинаковы.

Скорость движения воздушного потока по сечению трубопровода – величина непостоянная: с максимальным значением в центре трубопровода и минимальным – у стенки трубопровода:

$$v_{B \max} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{дин}}}{\rho}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{0.142}, \quad (6)$$

$$v_{B \min} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{дин}}}{\rho}} \cdot \left(\frac{r}{D}\right)^{0.142}, \quad (7)$$

где $P_{\text{дин}}$ – динамическое давление, Па;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³.

С учетом того, что для различных семян d/D – величина непостоянная, очевидно, что это отношение оказывает влияние на равномерность подачи семян пневмосемяпроводом. В связи с этим, в выражение для определения вариации введен дополнительный коэффициент $k_{d/D}$, который определяется эмпирически.

Кроме того, на участках II и IV на подачу оказывают влияние характер и радиус изгиба пневмосемяпровода, а на участке III – наклон пневмосемяпровода. Коэффициенты влияния этих факторов k_R , k_α , $k_{z/6}$, $k_{6/z}$, также определены эмпирически,

$$V = \frac{\left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \max} - \left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \min}}{3 \cdot \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \max} + \left(\frac{dx}{dt}\right)_{c \min} \right]} \cdot k_{d/D} \cdot k_\alpha \cdot k_{z/6} \cdot k_{6/z}, \quad (8)$$

где $k_{d/D}$ – коэффициент зависимости вариации от отношения диаметра семени к диаметру пневмосемяпровода;

k_α – коэффициент зависимости вариации от угла наклона пневмосемяпровода;

$k_{2/6}$ – коэффициент, учитывающий поворот типа «горизонталь-вертикаль» пневмосемяпровода;

$k_{6/2}$ – коэффициент, учитывающий поворот типа «вертикаль-горизонталь» пневмосемяпровода;

k_R – коэффициент зависимости коэффициента вариации от радиуса изгиба пневмосемяпровода.

При выходе из пневмосемяпровода семена движутся без ограничения стенками под действием воздушного потока и силы тяжести. Одним из факторов, влияющих на распределение семян в почве, является скорость движения семени на выходе из пневмосемяпровода. Для снижения скорости движения семян в пневмосемяпроводе возможно применение концевого гасителя. Определить геометрические параметры концевого гасителя можно используя формулу (9)

$$\xi = \left(0,5 + K \cdot \left(1 - \frac{f}{F} \right)^2 \right) \cdot \left(\frac{F}{f} \right)^2, \quad (9)$$

где K – эмпирический коэффициент, $K = 1,3$ (т.к. канал прямолинейный);

F – площадь поперечного сечения пневмосемяпровода, м^2 , $F = \pi r^2$;

f – площадь отверстий концевого гасителя, м^2 .

Скорость семени при выходе из концевого гасителя находим из выражения

$$v_{\text{щели}} = v_c + \left(\frac{\left(2 \cdot k_n \cdot \left(\sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}} - \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot \xi}} \right) \cdot t - 1 \right) \pm \sqrt{\left(2 \cdot k_n \cdot \left(\sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}} - \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot \xi}} \right) \cdot t + 1 \right)^2 - 4 \cdot k_n^2 \cdot \left(\sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}} - \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot \xi}} \right)^2 \cdot t^2}}{2 \cdot k_n \cdot t^2} + g \right) \cdot t. \quad (10)$$

При расчётах по формуле (10) получено снижение скорости движения семян на 5,6%.

Причиной такого незначительного снижения скорости воздушного потока является то, что потеря давления происходит только за счет его статической составляющей. Если расположить щели на пути движения воздуха, перепад давлений будет обусловлен полным давлением в семяпроводе. По этой причине предлагается оснастить семяпровод пневматической сеялки щелевым гасителем воздушного потока, выполненным в виде сквозных прорезей во внешних стенках криволинейных участков трубопровода, причем ширина каждой прорези меньше половины минимальной толщины высеваемых семян, а длина равна длине соответствующего криволинейного участка.

В ходе вычисления скорости воздуха и семени в пневмосемяпроводе с щелевым гасителем трубопровод был разбит на ряд участков 1–2; 2–3; 3–4; 4–5; 5–6 (рисунок 2).

Для каждого участка составлен энергетический баланс с учётом гидравлических потерь и утечек через щели.

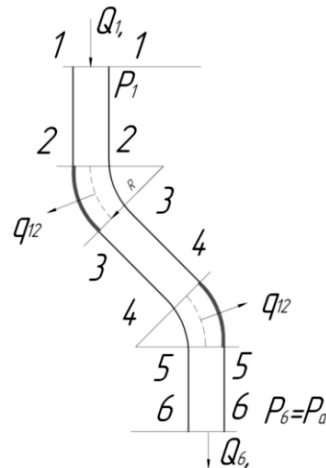


Рисунок 2 – Пневмосемяпровод с гасителем воздушного потока

По полученным выражениям построены графики изменения скорости воздуха (рисунок 3) и семени (рисунок 4).

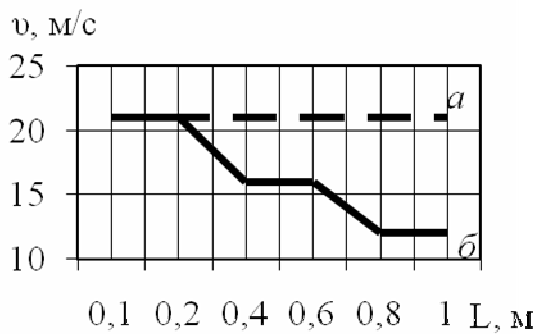


Рисунок 3 – Изменение скорости движения воздуха

по длине пневмосемяпровода:
 a – скорость движения воздуха по пневмосемяпроводу без щелевого гасителя;
 $б$ – скорость движения воздуха по пневмосемяпроводу с предложенным щелевым гасителем

Теоретическое снижение скорости движения воздуха при применении пневмосемяпровода с предложенным гасителем воздушного потока составит 43%, что соответствует значению 12 м/с, а скорость движения семян уменьшится на 33,3% и составит 5,5 м/с.

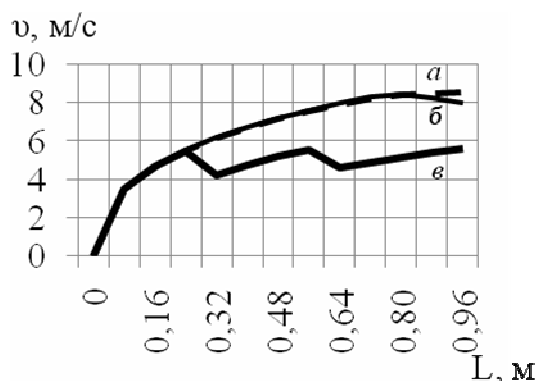


Рисунок 4 – Изменение скорости движения семян

по длине пневмосемяпровода
 a – скорость движения семян по пневмосемяпроводу без щелевого гасителя;
 $б$ – скорость движения семян по пневмосемяпроводу с концевым гасителем;
 $в$ – скорость движения семян по пневмосемяпроводу с предложенным гасителем

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований» изложены задачи экспериментальных исследований, программы и методики определения физико-механических свойств семян подсолнечника, параметров

работы пневмосемяпровода сеялки централизованного высева, определения коэффициента формы семян подсолнечника, программа и методика исследований влияния изгибов пневмосемяпровода сеялки централизованного высева на равномерность движения семян. Описано устройство и принцип работы универсального компьютеризированного комплекса для исследования равномерности движения семян по семяпроводам, а также оборудование и приборы.

В четвертой главе *«Результаты экспериментальных исследований»* представлены физико-механические свойства семян подсолнечника СПК Кондитерский, Мастер, урожая 2008 года и Альбатрос, урожая 2009 года, при влажности семян в пределах 5,9–6,2%. Измерены 300 семян каждого сорта с точностью до 0,01 мм. Установлено, что размеры семян исследуемых сортов подчинены нормальному закону распределения. Длина варьирует от 7,97 до 18,79 мм, ширина – от 3,05 до 9,17 мм, толщина – от 2,17 до 4,86 мм. Максимальные размеры семян у сорта СПК Кондитерский, минимальные – у сорта Альбатрос.

Масса 1000 семян 83,3–98,7 г, объемная масса (натура) – 0,762–0,720 кг/л. Наибольшие величины у сорта СПК Кондитерский, наименьшие – у сорта Альбатрос. Коэффициент формы семян подсолнечника 1,3–1,5.

При исследовании зависимости коэффициента вариации интервалов подачи семян от диаметра пневмосемяпровода и размеров семян эксперименты проводились при диаметрах пневмосемяпроводов 12; 14; 16; 20; 24 и 28 мм при давлениях от 0,8 до 7,2 кПа. Количество подач в каждом опыте составляло 300 штук.

Для семян сорта Мастер с условным диаметром семян 7,3 мм, наименьший коэффициент вариации подачи семян наблюдается при транспортировании по пневмосемяпроводу диаметром 20 мм. Для семян сорта Альбатрос с условным диаметром семян 7,25 мм наименьший коэффициент вариации подачи семян обеспечивался при транспортировании по пневмопроводу диаметром 16 мм. Для семян сорта СПК Кондитерский с условным диаметром семян 12,1 мм – при транспортировании по пневмосемяпроводу диаметром 24 мм.

По результатам экспериментов построены графики зависимости влияния отношения условного диаметра семени к диаметру пневмосемяпровода на коэффициент вариации интервалов подачи семян. На графиках показаны линии тренда и уравнения кривых (рисунки 5, 6 и 7).

По уравнениям графиков зависимости коэффициента вариации от отношения диаметра транспортируемых семян к диаметру пневмосемяпровода получены коэффициенты влияния отношения d/D на коэффициент вариации подачи семян.

$$K_{\frac{d}{D}} = \frac{V\left(\frac{d}{D}\right)}{V_{opt}}, \quad (11)$$

где V_{opt} – оптимальное (наименьшее) значение коэффициента вариации для данного случая;

$V\left(\frac{d}{D}\right)$ – уравнение зависимости.

Для семян подсолнечника рациональное отношение приведенного диаметра семени к диаметру пневмосемяпровода находится в диапазоне 0,32...0,34.

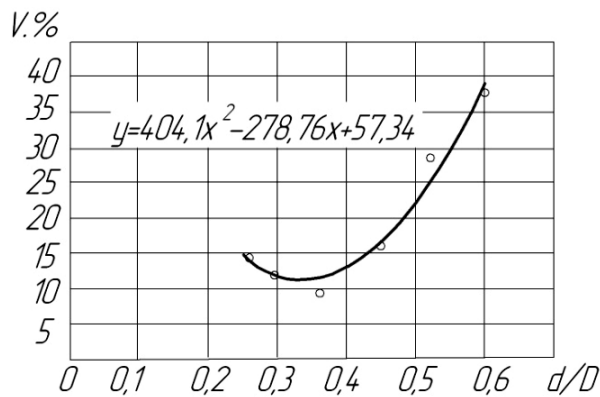


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента вариации от отношения d/D (сорт Мастер)

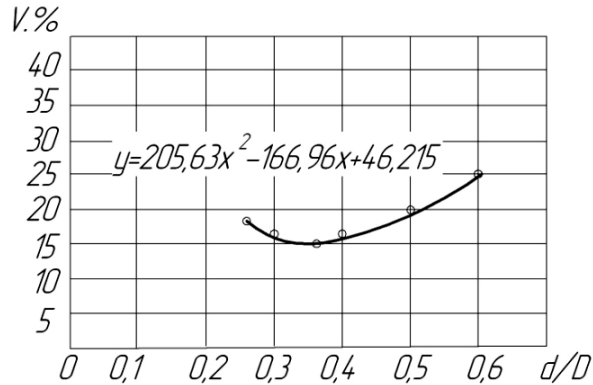


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента вариации от отношения d/D (сорт Альбатрос)

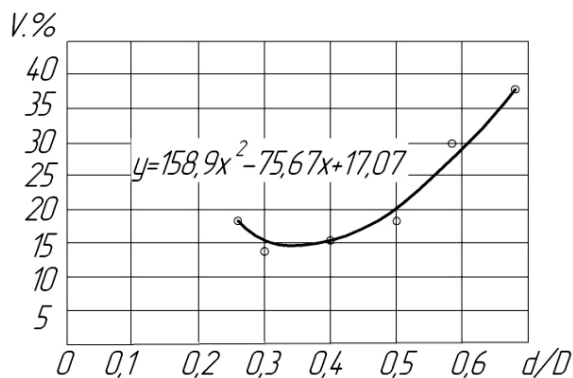


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента вариации от отношения d/D (сорт СПК Кондитерский)

Для исследования совместного влияния основных факторов – избыточного давления внутри пневмосемяпровода, угла установки семяпровода

и его линейных размеров (длины) – на качественные показатели процесса высева – коэффициент вариации интервалов подачи семян – был проведён полный факторный эксперимент. Факторы его проведения и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1
Основные факторы и уровни их варьирования

Уровни \ Факторы	Длина	Избыточное давление	Наклон
Натуральное обозначение	L, мм	p, кПа	α , град
Верхний	140	6	60
Основной (нулевой)	110	4	45
Нижний	80	2	30
Кодированное обозначение	X_1	X_2	X_3
Верхний	+1	+1	+1
Основной (нулевой)	0	0	0
Нижний	-1	-1	-1

Опыты проведены по матрице ПФЭ 2^3 в последовательности, имеющей случайный характер, т.е. опыты рандомизированы. Повторность опытов трехкратная, по 300 подач в каждой повторности. Таким образом, в каждом опыте регистрировалось 900 подач, что обеспечило высокую точность результатов исследования. Точность опытов, т.е. относительная ошибка средней подачи семян 0,43–0,72%.

В качестве параметра оптимизации, определяющего качество работы пневмосемяпровода, принят коэффициент вариации времени движения семян V . Результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2
Неравномерность интервалов подачи семян подсолнечника

№ опыта	Факторы			Коэффициент вариации времени движения семян V , %			Среднее значение
	X_1	X_2	X_3	Повторность			
	L, мм	p, кПа	α , град	1	2	3	
1	140	6	60	12,42	11,99	12,43	12,28
2	140	6	30	11,46	11,51	11,52	11,49
3	140	2	60	11,15	11,07	11,11	11,11
4	140	2	30	12,21	12,47	12,29	12,32
5	80	6	60	11,55	11,71	11,48	11,58
6	80	6	30	10,42	10,38	10,12	10,30
7	80	2	60	11,35	11,35	11,42	11,37
8	80	2	30	10,86	10,91	10,74	10,83

В результате обработки опытных данных была построена статистическая математическая модель процесса движения семян в кодированном виде:

$$Y = 11,413 + 0,389 X_1 + 0,0025 X_2 + 0,172 X_3 + 0,083 X_1 X_2 - 0,280 X_1 X_3 + 0,342 X_2 X_3 + 0,153 X_1 X_2 X_3 \quad (11)$$

Это уравнение регрессии устанавливает зависимость между параметром оптимизации Y (коэффициент вариации интервалов подачи семян V), длиной пневмосемяпровода L , величиной избыточного давления p в семенной камере и углом наклона пневмосемяпровода относительно вертикали α .

Проверка значимости коэффициентов регрессии, проводимая по критерию Стьюдента, показала, что незначимыми являются коэффициенты $b_2 = 0,0025$ и $b_{1,2} = 0,0833$.

После соответствующих преобразований уравнение приобрело вид

$$Y = 11,413 + 0,389X_1 + 0,172X_3 - 0,280X_1X_3 + 0,342X_2X_3 + 0,153X_1X_2X_3. \quad (12)$$

Используя статистическую математическую модель, геометрической интерпретацией которой является поверхность отклика, получили уравнения сечений поверхности отклика.

Критерий Фишера для данного уравнения $F = 0,55$, что меньше табличного значения критерия Фишера $[F] = 3,6$. Следовательно, уравнение регрессии адекватно экспериментальным данным.

Уравнения поверхности отклика в кодированном виде:

$$\begin{aligned} Y &= 11,413 + 0,172 X_3 + 0,342 X_2 X_3 && \text{(при } X_1=0\text{);} \\ Y &= 11,413 + 0,389 X_1 + 0,172 X_3 - 0,280 X_1 X_3 && \text{(при } X_2=0\text{);} \\ Y &= 11,413 + 0,389 X_1 && \text{(при } X_3=0\text{).} \end{aligned} \quad (13)$$

Уравнения поверхности отклика в натуральном виде:

$$\begin{aligned} Y &= 11,284 + 0,264\alpha + 0,292P\alpha && \text{(при } L=1,1\text{);} \\ Y &= 11,413 + 0,389L - 0,341\alpha - 0,510L\alpha && \text{(при } P=4\text{);} \\ Y &= 10,913 + 1,209L && \text{(при } \alpha=45\text{).} \end{aligned} \quad (14)$$

Анализ уравнений и изолиний позволил констатировать, что в исследуемых пределах наибольшее влияние на коэффициент вариации времени движения семян оказывает длина пневмосемяпровода, наименьшее – давление.

Изолинии коэффициента вариации подачи семян показаны на рисунке 8.

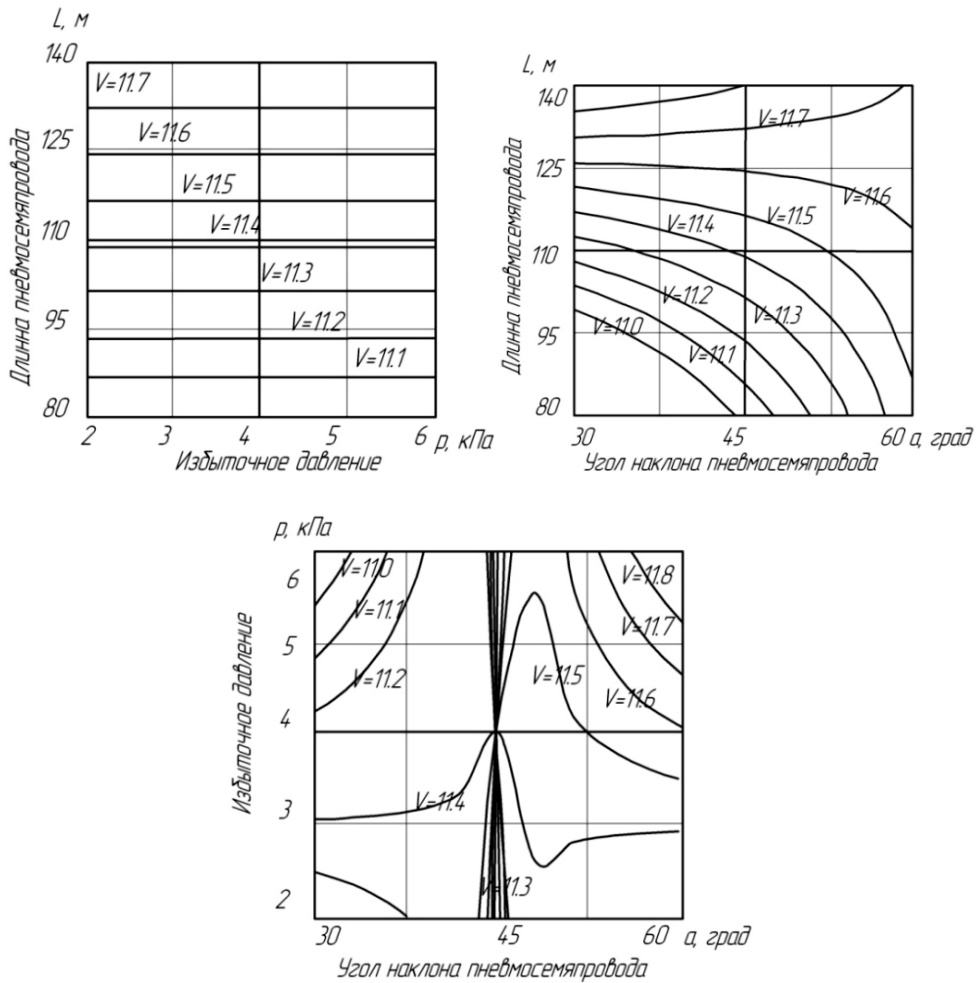


Рисунок 8 – Изолинии коэффициента вариации интервалов подачи семян подсолнечника по пневмосемяпроводу

Характеристики влияния типа и радиуса изгиба пневмосемяпровода на коэффициент вариации подачи семян представлены на рисунках 9 и 10.

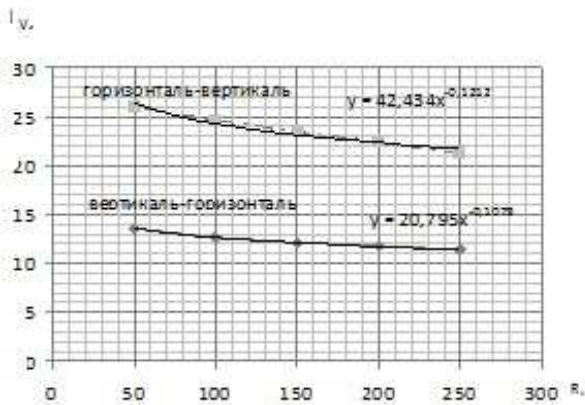


Рисунок 9 – Влияние типа и радиуса изгиба на коэффициент вариации подачи семян

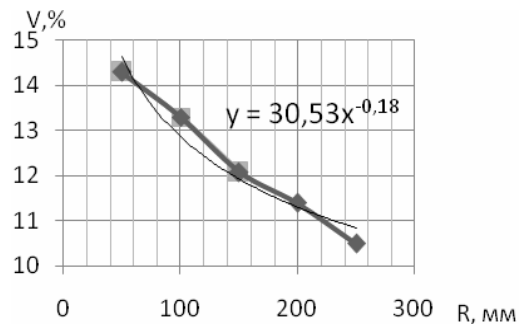


Рисунок 10 – График влияния радиусов изгиба пневмосемяпровода на коэффициент вариации подачи семян

По данным зависимостям можно сделать вывод, что изгиб типа «горизонталь-вертикаль» способствует увеличению неравномерности движения

семян по пневмосемяпроводу в большей степени, чем изгиб типа «вертикаль-горизонталь». Так, при одинаковом радиусе изгиба в 150 мм семена, проходящие участок с переходом от вертикального движения к горизонтальному, имеют коэффициент вариации равный 12,1%, тогда как на участке «горизонталь-вертикаль» – 23,5%.

Влияние радиусов изгиба пневмопровода на коэффициент вариации интервалов подачи семян по нему показано на рисунке 10.

По результатам эксперимента видно, что применение предлагаемого гасителя воздушного потока в виде прорезей на криволинейных участках пневмосемяпровода приводит к уменьшению коэффициента вариации движения семян. При прочих равных условиях коэффициент вариации интервалов подачи семян по пневмосемяпроводу с гасителем на 4% (1,4 раза) меньше, чем по пневмосемяпроводу без щелевого гасителя (рисунок 11).

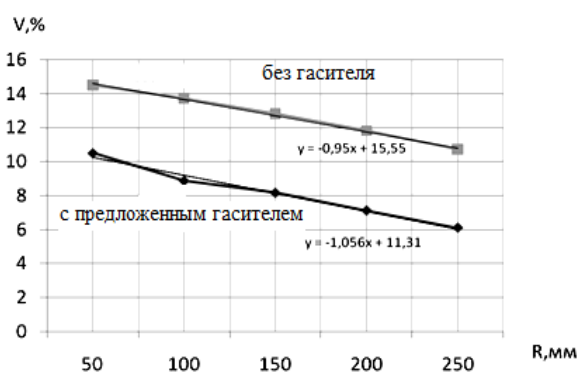


Рисунок 11 – Влияние щелевого гасителя на равномерность подачи

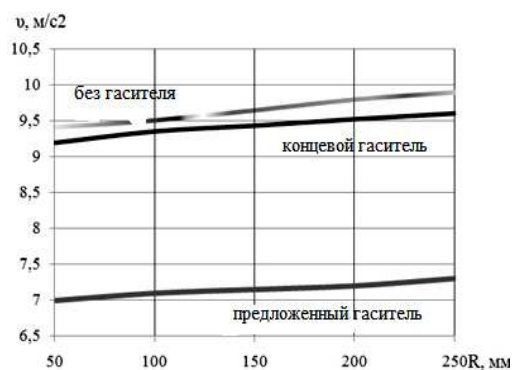


Рисунок 12 – Влияние концевой наконечника и предложенного гасителя воздушного потока на скорость движения семян

На рисунке 12 представлены зависимости изменения скорости воздуха на выходе из пневмосемяпровода в зависимости от наличия и типа гасителя воздушного потока.

По полученным данным можно сделать вывод, что применение концевой гасителя приводит к снижению скорости воздуха на 3%, а предлагаемого – на 23,9%.

Результаты полевых экспериментов, проведённых в УОФХ АЧГАА (рисунок 13), подтвердили преимущество экспериментального пневмосемяпровода. При посеве с использованием предлагаемого пневмосемяпровода с нормой высева 42 тыс. шт/га коэффициент вариации интервалов между растениями подсолнечника составил 31%, для традиционного пневмосемяпровода – 48%. Более высокие показатели распределения семян и растений высевающим аппаратом избыточного давления с экспериментальным пневмосемяпроводом позволили обеспечить прибавку урожайности подсолнечника на 7%.



Рисунок 13 – Общий вид
посевного агрегата
для проведения полевых испытаний

В пятой главе «Технико-экономическое обоснование эффективности внедрения предложенного пневмосемяпровода» проведен расчет технико-экономической эффективности использования семяпровода избыточного давления полученной конструкции.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Пропашные сеялки централизованного высева более просты по устройству и удобны в эксплуатации, чем блочные, их аппараты обеспечивают высокое качество дозирования семенного материала, однако пневмосемяпроводы таких сеялок значительно ухудшают равномерность распределения семян в борозде, например, пневмосемяпровод высевающего аппарата ИАП-2 увеличивал коэффициент подачи семян в среднем с 8 до 67%. В связи с этим необходимо продолжить изучение процесса пневмотранспортирования семян пропашных культур с целью определения рациональных конструкций и параметров пневмосемяпроводов.

2. В результате теоретических исследований разработаны элементы теории движения единичного семени по пневмосемяпроводу. Получена зависимость для определения влияния параметров пневмосемяпровода и физико-механических свойств семян на равномерность их транспортирования. В данной зависимости использованы эмпирические коэффициенты: влияния угла установки пневмосемяпровода (k_α), характера ($k_{2/6}$), ($k_{6/2}$) и радиуса изгибов (k_R), а также коэффициент отношения условного диаметра семян к диаметру пневмосемяпровода ($k_{d/D}$). Коэффициенты получены в результате проведенных лабораторных экспериментов.

3. Построена регрессионная модель процесса транспортирования семян подсолнечника семяпроводом избыточного давления, анализ которой показал, что в исследуемых пределах ($l = 80-140\text{см}$, $\alpha = 30 - 60^\circ$, $p = 2,0 - 6,0\text{ кПа}$) наибольшее влияние на параметр оптимизации – коэффициент вариации подачи семян – оказывает длина пневмосемяпровода, наименьшее – давление в нём. В результате экспериментальных исследований получено рациональное соотношение диаметра пневмосемяпровода и условного диаметра семян, для

подсолнечника оно составило 0,34. Выявлено, что значительное влияние на равномерность подачи семян подсолнечника оказывает тип изгиба семяпровода, изгиб типа «вертикаль-горизонталь» коэффициент вариации движения семян равен 12,1%, что на 11,4% меньше, в сравнении с изгибом типа «горизонталь-вертикаль».

4. Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что введение щелевых гасителей воздушного потока на криволинейных участках пневмосемяпровода позволяет снизить скорость воздуха при выходе в сошниковое пространство на 23,9%. При этом коэффициент вариации интервалов подачи семян уменьшается по сравнению с семяпроводом без гасителя, его относительное уменьшение составляет 42,9%.

5. Проведённый полевой эксперимент подтвердил повышение качества работы предложенного пневмосемяпровода по сравнению с традиционным. При посеве с нормой высева 42 тыс. шт/га коэффициент вариации интервалов между растениями составил 31,0%, при использовании традиционного пневмосемяпровода – 48,0%. В результате лучшего качества работы пневмосемяпровода дополнительная годовая экономия за счёт прибавки урожая подсолнечника на 7% составила 37674 рублей в ценах 2011 года. Чистый дисконтированный доход составил 136003,1 рубля. Срок окупаемости капитальных вложений – 0,03 года.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Шаповалов, Д. Е. Определение угла укладки частиц сыпучих материалов / А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, Д.Е. Шаповалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 7. – С. 20.

2. Шаповалов, Д.Е. Влияние изгибов пневмопровода на равномерность подачи семян / Д.Е. Шаповалов, П.Я. Лобачевский, А.Ю. Несмиян, А.В. Яковец // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 5. – С. 35.

3. Шаповалов, Д.Е. Повышение качества дозирования семян подсолнечника пневматическим высевающим аппаратом / Д.Е. Шаповалов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2011. – № 4 (25). – С. 65.

4. Шаповалов, Д.Е. Влияние параметров пневмопровода на равномерность подачи семян / Д.Е. Шаповалов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета: научно-производственный журнал. – Мичуринск-наукоград. – 2011. – № 1. – Ч. 1. – 154 с.

Публикации в сборниках научных трудов

5. Шаповалов, Д.Е. Спектр распределения давлений воздуха в пневматическом семяпроводе / Д.Е. Шаповалов // Инновационные технологии и технические средства в полеводстве юга России: сборник научных трудов. – зерноград, 2008. – 317 с.

6. Шаповалов, Д.Е. Экспериментальное обоснование параметров подводящей трубки / Д.Е. Шаповалов // Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: сборник научных трудов. – зерноград, 2009. – 210 с.

7. Шаповалов, Д.Е. Совершенствование процесса пневмотранспортирования семян по семяпроводам пропашной сеялки избыточного давления / Д.Е. Шаповалов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных трудов. – Ставрополь, 2011. – 250 с.

8. Шаповалов, Д.Е. Оценка влияния параметров пневмопровода на равномерность пневмотранспортирования семян / Д.Е. Шаповалов, А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных трудов. – Ставрополь, 2011. – 250 с.

Патенты

9. С1 2357394 RU А01 С7/20 Семяпровод пневматической сеялки / Лобачевский П.Я., Шаповалов Д.Е., Несмиян А.Ю., Хижняк В.И. / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия – 2007145285/12 06.2007 – 10.06.2009, Бюл. № 16.

10. С1 2370014 RU А01 С7/20 Семяпровод пневматической сеялки / Лобачевский П.Я., Шаповалов Д.Е., Несмиян А.Ю., Хижняк В.И. / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – 2008109497/12 03.2008 – 20.10.2009, Бюл. № 29.

ЛР 65-13 от 15.02.99. Подписано в печать 18.07.2012.

Формат 60×84/16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 241.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВПО АЧГАА

347740, г. зерноград, ул. Советская, 15.