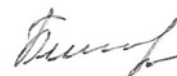


На правах рукописи



Бегунов Максим Алексеевич

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ  
ДВУХСТРОЧНОГО КИЛЕВИДНОГО СОШНИКА  
ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

Новосибирск – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

- Научный руководитель:** кандидат технических наук, доцент,  
**Шевченко Анатолий Павлович**
- Официальные оппоненты:** **Мяленко Виктор Иванович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт, ректор
- Арюпин Владимир Викторович,**  
кандидат технических наук,  
ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
«Механизации овощеводства»
- Ведущая организация:** Государственное научное учреждение  
Сибирский научно-исследовательский  
институт сельского хозяйства Российской  
академии сельскохозяйственных наук  
(ГНУ СибНИИСХ Россельхозакадемии)

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета ДМ 006.059.01 при Государственном научном учреждении Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии) по адресу: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, р.п. Краснообск-1, а/я 460, телефон/факс: 8(383)348-12-09, e-mail: [sibime@ngs.ru](mailto:sibime@ngs.ru).

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный гербовой печатью, просим направлять в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии, автореферат размещен на сайте [www.vak2.ed.gov.ru](http://www.vak2.ed.gov.ru), автореферат и диссертация размещены на сайте: [www.sibime-rashn.ru](http://www.sibime-rashn.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



Коротких  
Владимир Владимирович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы и обоснование исследований.** Лен-долгунец – это ценная техническая культура, которая дает одновременно два вида продукции – волокно и семена. Лен-долгунец является единственной отечественной культурой, способной обеспечивать потребности населения в текстильной продукции. Являясь одной из самых трудоемких сельскохозяйственных культур, лен-долгунец при грамотном и научном подходе к его выращиванию – доходная культура, которая внесена в перечень приоритетных направлений производства сельскохозяйственной продукции.

Для увеличения производства и получения льнопродукции высокого качества необходимо повышение уровня культуры льнопроизводства за счет применения научно-обоснованных технических решений.

В технологической системе получения высоких урожаев и качества льна одной из самых ответственных операций является посев. Именно от качества проведения посева зависит дальнейшее развитие культуры.

Полнота и дружность всходов во многом зависят от глубины заделки семян. Семена льна мелкие. Они содержат небольшое количество питательных веществ, необходимых для прорастания. При глубокой заделке семян питательных веществ может не хватить для появления всходов и они погибнут. При слишком мелкой заделке семенам не хватает влаги и часть из них также может не взойти.

Существующие льняные сеялки не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к технологическому процессу распределения семян льна по глубине. Также современные посевные машины не в полной мере удовлетворяют требованиям по распределению семян по площади питания. Известно, что корни растения распределяются в плоскости по кругу, и площадь питания каждого растения приближается к квадрату. Однако в посевах с междурядьями 7,5 см, которые проводятся серийными льняными сошниками, она представляет форму вытянутого прямоугольника. Все это приводит к недобору урожая и снижению качества льнопродукции.

Отсюда вытекает необходимость совершенствования сошников для посева льна с целью устранения отмеченных выше недостатков. Поэтому задача, направленная на обоснование параметров и режимов работы сошника для посева льна-долгунца, является актуальной и имеет важное хозяйственное значение.

**Цель исследований.** Повысить качество посева льна-долгунца за счет применения двухстрочного килевидного сошника.

**Объект исследований.** Процесс распределения по глубине семян льна-долгунца двухстрочным килевидным сошником.

**Предмет исследований.** Закономерности влияния параметров и режимов работы двухстрочного килевидного сошника на качественные показатели работы сеялки.

**Научная гипотеза.** Повысить качество посева семян льна-долгунца возможно за счёт снижения резонансных явлений в сошниковой группе.

**Методика исследований.** Теоретические исследования выполнялись на основании математических и физических положений, законов и методов теоретической и прикладной механики. Экспериментальные исследования проводились методами планирования эксперимента. При обработке экспериментальных данных были использованы методы математической статистики. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальной проверкой на опытно-производственной лабораторной установке.

**Научная новизна.** Определены основные параметры сошника и силы сопротивления почвы, действующие на него. Получено уравнение для определения значения тягового сопротивления сошника в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Определены закономерности колебания механизма подвески двухстрочного килевидного сошника.

Получены регрессионные модели качественных показателей работы сошника, на основании которой обоснованы основные рациональные параметры рабочего органа.

**Достоверность результатов** работы подтверждена экспериментальными исследованиями, положительными результатами предварительных испытаний и эксплуатации двухстрочного килевидного сошника.

**Практическая значимость.** Применение разработанного устройства обеспечивает:

- качественный посев семян льна-долгунца на заданную глубину и равномерное распределение их по площади питания, что способствует повышению урожайности и качества льноволокна;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы в учебно-методических целях, а также проектно-конструкторскими организациями для разработки новых рабочих органов посевных машин.

**Внедрение.** Переоборудованная серийная сеялка ССНП-16 с экспериментальными двухстрочными килевидными сошниками в 2013 году прошла производственные испытания на базе К(Ф)Х «ИП Лысцова М.С.» Тарского района Омской области.

**Апробация работы.** Основные положения работы и результаты исследований докладывались:

- на Международной научно-практической конференции, посвященной 5-летию Института ДПО кадров АПК ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова «Состояние и перспективы инновационного развития АПК» (г. Саратов, 2012 г.);

- на 4-й Региональной молодежной научно-практической конференции "Омский регион - месторождение возможностей» ОмГМА (г. Омск, 2013 г.);

- на Всероссийской научно-практической конференции «Льноводство в Сибири: современное состояние и перспективы развития» (г. Тара, 2013 г.).

По материалам исследований опубликовано 9 научных публикаций, в том числе три статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК и патент РФ на полезную модель.

Исследования проводились в период 2010-2014 гг. в Тарском филиале Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина на кафедре «Тракторы и автомобили, сельскохозяйственные машины» в соответствии с планами НИР в рамках государственной темы № 012.00002130 – «Совершенствование технологических процессов зональных сельскохозяйственных машин, повышение их агроэкологической эффективности».

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложений.

Работа содержит 149 страниц машинописного текста, 20 таблиц, 47 рисунков, 4 приложения на 5 страницах. Список использованной литературы включает 157 наименования, в том числе два иностранных источника.

#### **На защиту выносятся.**

Конструктивно-технологическая схема двухстрочного килевидного сошника для посева льна-долгунца.

Уравнение для определения значения тягового сопротивления сошника в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Уравнение колебания сошниковой группы двухстрочного килевидного сошника.

Регрессионные модели качественных показателей работы двухстрочного килевидного сошника, на основании которой обоснованы основные рациональные параметры рабочего органа.

Результаты лабораторно-полевых исследований с использованием двухстрочного килевидного сошника.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение** отражает актуальность и обоснование направления исследования, изложены научные положения, выносимые на защиту, и их основные позиции.

**В первой главе** «Состояние вопроса и задачи исследования» рассмотрены зональные почвенно-климатические условия, приведены основные агротехнические требования к посеву льна-долгунца, проведён анализ конструкций сошников.

Анализ технических решений позволяет сделать следующие выводы:

- качественно осуществлять технологические процессы на почвах, различных по типу и гранулометрическому составу;

- выдерживать глубину бороздки при всех условиях постоянной, независимо от физико-механических свойств почвы, изменяющихся в широком диапазоне и скорости движения агрегата;

- укладывать семенной материал на дно борозды, где наилучший подготовленный слой почвы с оптимальными свойствами;

- производить посев семян одним сошником одновременно в два ряда, с возможностью плавного изменения междурядного расстояния от 5 до 10 см.

Проблеме повышения равномерности распределения семян по глубине посвящены работы Пяткина А.А., Шумаева В.В., Черникова В.А., Яровой М.Н. и др.

Для достижения установленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать конструктивно-технологическую схему сошника для посева льна-долгунца, теоретически выявить закономерности влияния конструктивных и технологических параметров сошника на его тяговое сопротивление.

2. Выявить влияния колебаний сошниковой группы двухстрочного килевидного сошника на равномерность распределения семян по глубине.

3. Определить рациональные конструктивно-кинематические параметры и режимы работы сошника.

4. Определить качественные показатели работы двухстрочного килевидного сошника и оценить экономическую эффективность его применения.

**Во второй главе** «Теоретическое исследование процесса посева льна-долгунца» предложена и обоснована конструктивно-технологическая схема двухстрочного килевидного сошника для посева льна-долгунца (рис. 1).

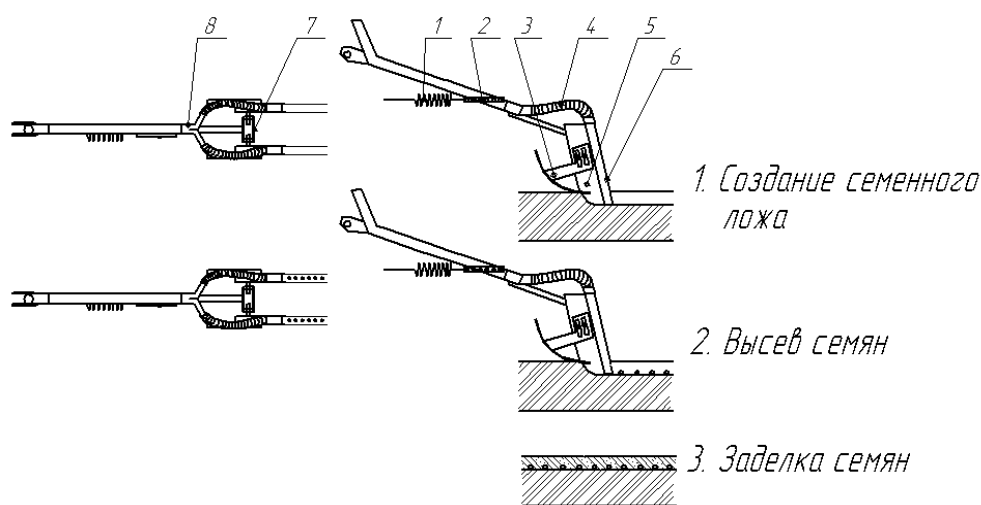


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема двухстрочного килевидного сошника

Двухстрочный килевидный сошник включает два килевидных наральника 5, соединенных между собой винтовой стяжкой 7, позволяющей регулировать расстояние между наральниками от 5 до 10 сантиметров, в задней части каждого из них имеются корпуса-семяпроводы 6, которые соединяются с раструбом 8 гофрированными семяпроводами 4, а спереди крепятся лыжеобразные ограничители глубины хода сошника 3, также имеется регулировочная пружина заглубления сошника 1 с планкой 2, имеющей отверстия для регулировки усилия пружины.

При работе сошника два килевидных наральника 5 проделывают две борозды. Семенной материал, проходя через раструб 8, делится на две равные части, каждая из которых проходит через гофрированный семяпровод 4 и корпус-семяпровод 6 попадает на дно бороздок.

Конструкция сошника определяется технологическими параметрами, которые заданы технологией производства культуры, обеспечивающей качество посева семян и экономическую эффективность их производства. К технологическим параметрам относятся ширина междурядий  $l$  (м), глубина посева  $h$  (м), которая согласно агротехническим требованиям составляет 0,01-0,03 м, скорость движения агрегата  $V_{агр}$  (км/ч или м/с) (рис. 2.а) и норма высева  $N$  (млн шт./га или кг/га).

Конструктивные параметры зависят от свойств материала рабочего органа и среды, в которой происходит взаимодействие. На основе предыдущих исследований и априорной информации выбираем конструктивные параметры сошника (рис. 2. б): ширина лезвия сошника  $H$  (м), радиус носка сошника  $r$  (м) и угол атаки сошника  $\alpha$  (град.).

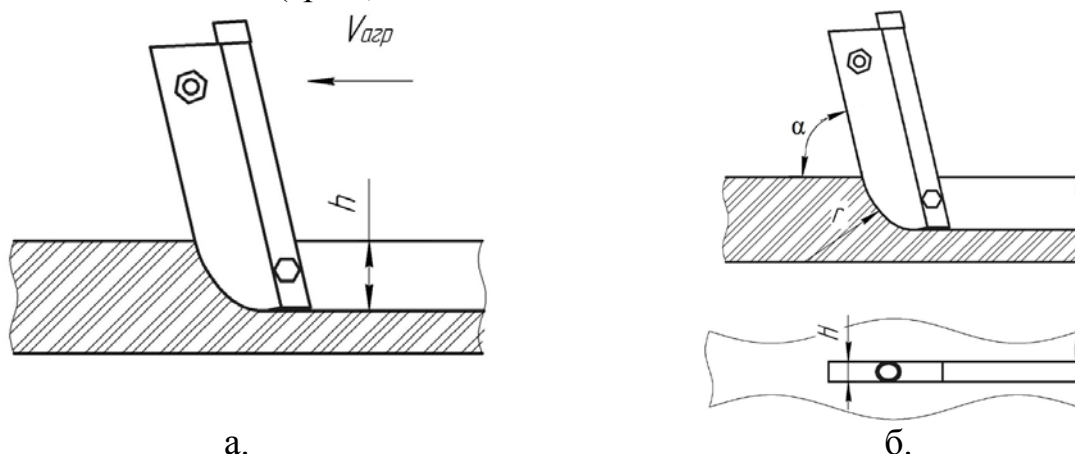


Рисунок 2 – Конструктивные и технологические параметры сошника

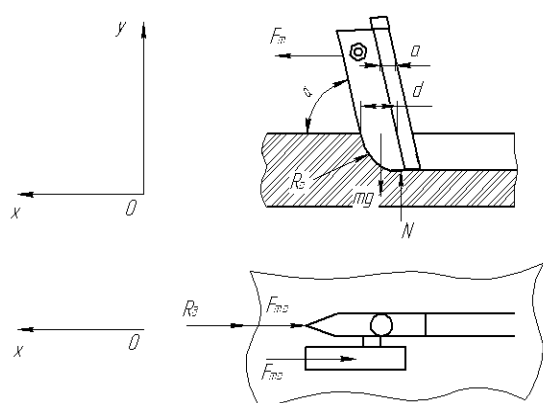


Рисунок 3 – Силы, действующие на сошник

Составим графическое представление сил, действующих на сошник (рис. 3). Далее составим уравнение проекции сил на оси координат, которые расположим параллельно движению агрегата и вертикально. Двумерное пространство в принятом приближении удовлетворяет параметрам точности.

$$\begin{cases} X = F_m - R_p \sin \alpha - R_d - F_{тв2} \\ Y = N + R_p \cos \alpha - mg \end{cases} \quad (1)$$

Тяговое сопротивление сошника определится как:

$$\begin{aligned}
F_m = & \sin \alpha \int_0^h q \cdot (a \cdot h + d \cdot (h-r) + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \alpha) \cdot r^2}{360^\circ}) + \frac{\rho_n \cdot H \cdot \left( a \cdot h + d \cdot (h-r) + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \alpha) \cdot r^2}{360^\circ} \right) V_{agr}}{t} \\
& + tg \varphi \sqrt{\left( \sin \alpha \int_0^h q \cdot (a \cdot h + d \cdot (h-r) + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \alpha) \cdot r^2}{360^\circ}) \right)^2 + \left( \frac{\rho_n \cdot H \cdot \left( a \cdot h + d \cdot (h-r) + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \alpha) \cdot r^2}{360^\circ} \right) V_{agr}}{t} \right)^2} \\
& + mgtg\varphi + F_n \frac{L'}{L} tg\varphi,
\end{aligned} \tag{2}$$

где:  $q$  – коэффициент объемного смятия,  $H / м^3$ ;

$H$  – толщина лезвия сошника, м;

$\varphi$  – угол трения почвы о материал, град;

$\rho_n$  – плотность почвы,  $кг/м^3$ ;

$m$  – масса сошника, кг;

$a$  – затылочная часть сошника, м;

$d$  – коническая часть сошника, м;

$\alpha$  – угол атаки сошника, град;

$V_{agr}$  – скорость агрегата, м/с;

$h$  – глубина посева, м;

$r$  – радиус носка сошника, м.

Упростим выражение (2) и получим расчетную формулу тягового сопротивления сошника (3). На основе полученного уравнения (3) построим графики зависимостей тягового сопротивления сошника от конструктивных и технологических параметров, (рис. 4-7).

$$F_m = (a \cdot h + d \cdot (h-r) + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \alpha) \cdot r^2}{360^\circ}) \left( \sin \alpha \int_0^h q \cdot + \frac{\rho_n \cdot H \cdot V_{agr}}{t} + tg \varphi \sqrt{\left( \sin \alpha \int_0^h q \cdot \right)^2 + \left( \frac{\rho_n \cdot H \cdot V_{agr}}{t} \right)^2} \right) + mgtg\varphi + F_n \frac{L'}{L} tg\varphi. \tag{3}$$

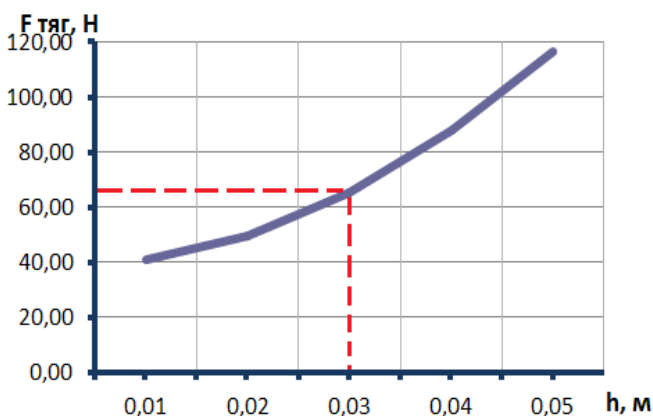


Рисунок 4 – Зависимость тягового сопротивления  $F_{тяги}$ , Н от глубины посева  $h$ , м

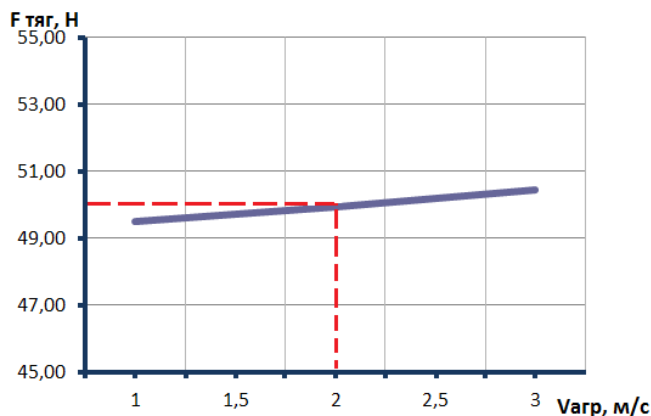


Рисунок 5 – Зависимость тягового сопротивления  $F_{тяги}$ , Н от скорости агрегата  $V_{agr}$ , м/с



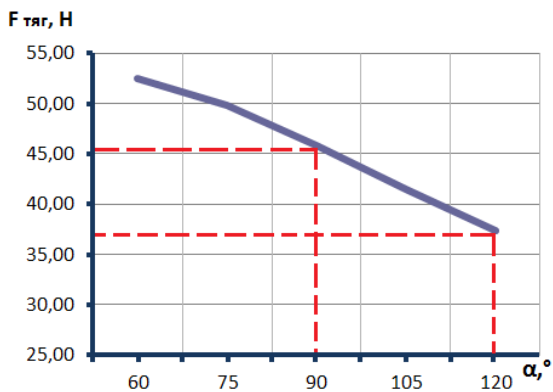


Рисунок 6 – Зависимость тягового сопротивления  $F_{тяг}$ , Н от угла атаки сошника  $\alpha$ , град

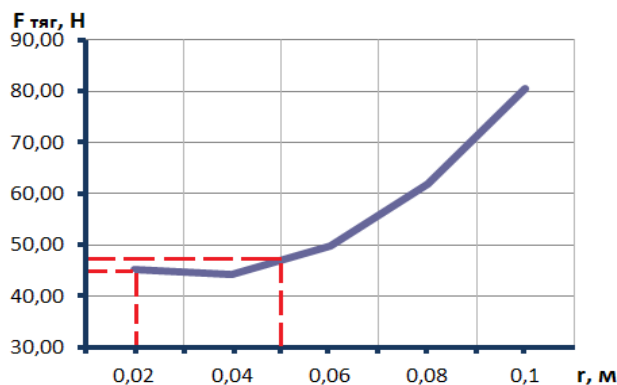


Рисунок 7 – Зависимость тягового сопротивления  $F_{тяг}$ , Н от радиуса носка сошника  $r$ , м

На основе анализа сил, действующих на сошник, и рис. 4-7, а также зависимости (3), можно сделать выводы:

При скорости движения  $V_{агр} = 2,0$  м/с и при глубине посева  $h = 0,03$  м, а также при рациональных значениях радиуса носка сошника  $r = 0,02...0,05$  м и угле атаки сошника  $\alpha = 90...120^\circ$ , значения тягового сопротивления одного сошника составляет  $F_{тяг} = 38-65$  Н.

Рассмотрим подвеску сошника как колебательную систему первого порядка, то есть с одной степенью свободы. Схематично представим подвеску и рассмотрим силы, действующие на нее (рис. 8).

Как видно из рисунка 8, при движении агрегата вперед на подвеску действуют следующие силы: вес механизма –  $mg$  (Н), сила упругости пружины –  $F$  (Н) и реакция опоры поверхности поля  $R$  (Н). В качестве обобщенной координаты системы примем угол поворота кулисы подвески сошника относительно горизонтальной плоскости –  $\gamma$  (град.).

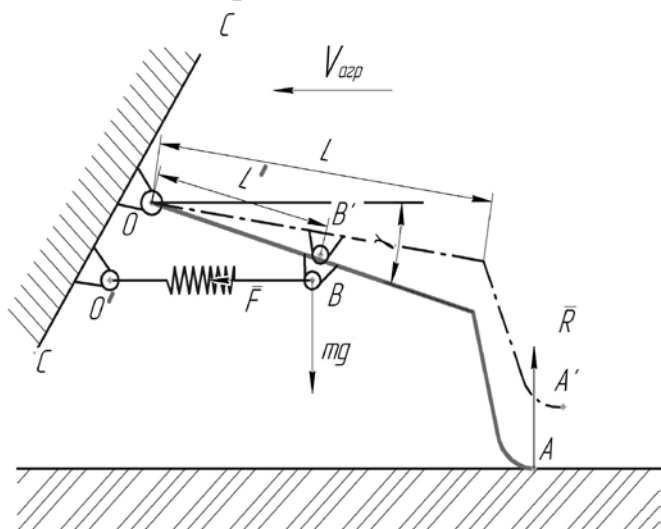


Рисунок 8 – Схема сил, действующих на подвеску сошника

Для определения закона движения механизма подвески сошника составим уравнение Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \gamma} = - \frac{\partial \Pi}{\partial \gamma}, \quad (4)$$

где  $T$  – кинетическая энергия механизма подвески, Дж;

$\gamma$  – угол поворота кулисы подвески сошника относительно горизонтальной плоскости, град;

$\Pi$  – потенциальная энергия механизма подвески, Дж.

Кинетическая энергия выразится как:

$$T = \frac{m \cdot l^2 \cdot \dot{\gamma}^2}{6}, \quad (5)$$

где  $m$  – масса механизма подвески, кг;

$l$  – длина кулисы, м;

$\dot{\gamma}$  – угловая скорость поворота кулисы механизма подвески,  $\text{с}^{-1}$ .

Потенциальная энергия механизма подвески определится как сумма:

$$\Pi = \Pi^{(\bar{P})} + \Pi^{(\bar{F})} + \Pi^{(\bar{R})}, \quad (6)$$

где  $\Pi^{(\bar{P})}$  – потенциальная энергия силы тяжести, Дж;

$\Pi^{(\bar{F})}$  – потенциальная энергия упругости пружины, Дж;

$\Pi^{(\bar{R})}$  – потенциальная энергия реакции поверхности поля, Дж.

Составляющие  $\Pi^{(\bar{P})}$ ,  $\Pi^{(\bar{F})}$  и  $\Pi^{(\bar{R})}$  потенциальной энергии рассчитываются по следующим зависимостям:

$$\Pi^{(\bar{P})} = -mg \frac{L \sin(\gamma - \gamma_0)}{2 \cos \gamma}, \quad (7)$$

$$\Pi^{(\bar{F})} = \frac{cL' \Delta_{cm2} \sin(\gamma - \gamma_0)}{\cos \gamma} + \frac{c(L')^2 \sin^2(\gamma - \gamma_0)}{2 \cos^2 \gamma}, \quad (8)$$

$$\Pi^{(\bar{R})} = R \cdot AA_1 = R \frac{L \sin(\gamma - \gamma_0)}{\cos \gamma}, \quad (9)$$

где  $c$  – коэффициент упругости пружины, Н/м;

$\Delta_{cm2}$  – статическое удлинение пружины, м;

$\gamma_0$  – начальное положение кулисы механизма подвески относительно горизонтальной плоскости, рад.

Подставим выражения (7), (8) и (9) в выражение (6) получаем:

$$\Pi = -mg \frac{L \sin(\gamma - \gamma_0)}{2 \cos \gamma} + \frac{cL' \Delta_{cm2} \sin(\gamma - \gamma_0)}{\cos \gamma} + \frac{c(L')^2 \sin^2(\gamma - \gamma_0)}{2 \cos^2 \gamma} + R \frac{L \sin(\gamma - \gamma_0)}{\cos \gamma}, \quad (10)$$

После преобразований и подстановки начальных значений получаем уравнение движения подвески  $\gamma = f(t)$ :

$$\gamma = \left( \gamma_0 - \frac{\sin 2\gamma_0}{2 \cos^2 \gamma_0} \right) \cos kt + \frac{\sin 2\gamma_0}{2 \cos^2 \gamma_0}, \quad (11)$$

где  $k$  – частота свободных колебаний механизма подвески,  $\text{с}^{-1}$ ;

$t$  – время, с.

Частота свободных колебаний механизма подвески определяется:

$$k = \frac{L'}{L} \cos \gamma_0 \sqrt{\frac{3c}{m}}, \quad (12)$$

где  $L'$  – расстояние от оси вращения кулисы до точки крепления пружины, м.

По выражению (12) возможно определить угол поворота кулисы механизма подвески  $\gamma$  и отклонение глубины обработки от заданного значения при движении сеялки во время работы. Из анализа данного выражения видно, что меняя плечо – расстояние от оси вращения кулисы до точки крепления пружины  $L'$ , можем существенно влиять на собственную частоту колебания подвески. Также изменяя массу сошника и упругость пружины можем изменять данную частоту – увеличивая массу сошника – снижать частоту, увеличивая упругость пружины – увеличивать частоту. При этом следует учитывать следующее обстоятельство: при увеличении частоты при равной массе сошника

– уменьшается амплитуда, тем самым снижается неравномерность распределения семян по глубине.

Проведем расчет частоты и амплитуды колебаний нашей сошниковой группы для определения неравномерности распределения семян по глубине в зависимости от частоты и амплитуды колебания сошниковой группы.

Воспользуемся формулой (12) для расчета амплитуды и частоты предлагаемой подвески сошника, при заданных параметрах: расстояние от оси вращения кулисы до точки крепления пружины,  $L' = 0,5$  м; длина кулисы до точки крепления сошника,  $L = 1,0$  м; коэффициент упругости пружины,  $c = 600$  Н/м; вес сошника,  $M = 50$  Н.

После проведения расчета получили значение частоты свободных колебаний  $k$  существующей конструкции сошниковой группы, равной  $3 \text{ с}^{-1}$ . В диапазоне частот  $1 \dots 4$  Гц возникают резонансные явления в колебаниях сошниковой группы, при этом существенно нарушается равномерность их хода, что отрицательно сказывается на равномерности распределения семян по глубине заделки. Снижать собственную частоту колебаний  $k$  сошников нереально и неэкономично (слишком большая масса сошника увеличит расход топлива), наиболее эффективно повышать собственную частоту колебательной системы путем повышения жесткости пружины, а также снижать частоту внешних нагрузок, в частности использовать динамические частотные ограничители. Снижение воздействия внешних нагрузок произведем путем соединения двух сошников на одной кулисе, тем самым увеличив массу колебательной системы (сошника). Далее увеличим жесткость пружины при помощи регулировочной планки. Получим рост частоты свободных колебаний  $k$ , и увеличение равномерности распределения семян по глубине. При этом возникает проблема установки глубины хода сошников, для этого предлагается применить лыжеобразные ограничители глубины хода сошника.

**В третьей главе** «Программа и методика экспериментальных исследований» сформулированы цели и разработана программа экспериментальных исследований, включающая:

- изучение процесса распределения семян растений по глубине при посеве экспериментальным сошником в условиях почвенного канала, в зависимости от его конструктивных и технологических параметров;
- проведение сравнительных лабораторно-полевых испытаний опытных образцов рабочих органов, устанавливаемых на серийной сеялке.

Полученные данные в лабораторных и полевых условиях обрабатывались методом математической статистики с применением пакетов статистических прикладных программ для ЭВМ.

Для выявления основных факторов был проведен отсеивающий эксперимент.

Для описания закономерностей распределения семян по глубине заделки и тягового сопротивления сошника проводился планируемый эксперимент, с помощью которого появляется возможность выявить влияние факторов на качество работы сошника. В качестве модели выбран симметричный

ортогональный композиционный двухуровневый план с добавлением звездных точек.

Полевой опыт включал:

- измерение равномерности распределения семян по глубине заделки;
- наблюдения за динамикой относительной полевой всхожести;
- определение тягового сопротивления сеялки;
- определение урожайности.

Сеялка ССНП-16, оборудованная экспериментальными двухстрочными килевидными сошниками, представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Сеялка ССНП-16, оборудованная экспериментальными двухстрочными килевидными сошниками

В ходе экспериментальных исследований были использованы общепринятые методики оценки качества работы посевных машин.

В четвёртой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведён анализ результатов лабораторных, полевых экспериментов. Приведены основные экспериментальные зависимости, установлены рациональные параметры двухстрочного килевидного сошника.

Отсеивающий эксперимент проводился с использованием

плана Плакетта – Бермана. При его проведении варьировались следующие факторы:  $\alpha$  – угол атаки сошника ( $X_1$ );  $r$  – радиус носка сошника ( $X_2$ );  $V_{agr}$  – скорость движения агрегата ( $X_3$ );  $h$  – глубина посева ( $X_4$ );  $H$  – ширина лезвия сошника ( $X_5$ );  $m$  – масса сошника ( $X_6$ );  $l$  – ширина лыжеобразной опоры ( $X_7$ );  $a$  – длина затылочной части сошника ( $X_8$ );  $c$  – длина конической части сошника ( $X_9$ ).

Все перечисленные факторы отвечают требованиям управляемости, операционности, совместимости и независимости. Каждый из действительных факторов варьировался на двух уровнях. Для определения дисперсии оценок факторов к исследуемым были добавлены два фиктивных ( $X_8$ ,  $X_9$ ). При этом предполагалось, что доминирующее значение имеют линейные факторы. В ходе проведения эксперимента влияние включенных в отсеивающий эксперимент факторов на равномерность распределения семян по глубине и тяговое сопротивление сошника оказалось различным, вследствие этого приняли решение о включении в план многофакторного эксперимента следующих факторов: угла атаки сошника –  $\alpha$  (град), радиуса носка сошника –  $r$  (м), скорости движения агрегата –  $V_{agr}$  (м/с) и глубины посева –  $h$  (м). Для снижения трудоемкости экспериментальных исследований с факторами

толщина лезвия сошника –  $H$  и ширина лыжеобразной опоры –  $l$  провели классические эксперименты и приняли их значения  $H = 0,02$  м и  $l = 0,02$  м.

Для определения рациональных параметров сошников на стадии лабораторных исследований применялась теория планирования эксперимента. С этой целью была выделена область варьирования четырех факторов: угол атаки сошника  $X_1$ ; радиус носка сошника  $X_2$ ; скорость движения агрегата  $X_3$ ; глубина посева  $X_4$ .

С целью получения адекватной модели было принято дополнить реализованную матрицу планирования  $2^4$  звёздными точками  $\alpha = 1,546$  и выполнить опыт в центре плана, совершив, таким образом, композиционный переход к плану второго порядка (табл. 1).

После реализации эксперимента и обработки данных по определению влияния параметров сошника на равномерность распределения семян по глубине получено уравнение регрессии:

$$Y_1 = 74,39911 - 0,04431X_1^2 - 0,16429X_2^2 + 0,22676X_3^2 - 0,01618X_4^2 - 0,01257X_3X_4 + 0,27366X_1 + 0,32818X_2 - 1,01578X_3 + 0,07643X_4. \quad (13)$$

Проверка гипотезы об адекватности математической модели (13) проводилась по критерию Фишера. По результатам проверки модель признана адекватной **Ошибка! Закладка не определена.**  $F_{0,05}^{табл} = 1,83 > F_{0,05}^{расч} = 1,14$ .

Таблица 1 – Уровни варьирования конструктивных и технологических параметров

| Фактор<br>(натуральное значение)        | Угол атаки сошника $\alpha$ , град. | Радиус носка сошника $r$ , м | Скорость агрегата $V_{агр}$ , м/с | Установленная глубина посева семян $h$ , м |
|---|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| Кодированное обозначение                | $X_1$                               | $X_2$                        | $X_3$                             | $X_4$                                      |
| Основной уровень ( $X_{i0}$ )           | 90                                  | 0,06                         | 2,0                               | 0,03                                       |
| Интервал варьирования ( $\Delta X_i$ )  | 15                                  | 0,02                         | 0,5                               | 0,01                                       |
| Верхний уровень ( $x_i = + I$ )         | 105                                 | 0,08                         | 2,5                               | 0,04                                       |
| Нижний уровень ( $x_i = - I$ )          | 75                                  | 0,04                         | 1,5                               | 0,02                                       |
| Звёздная точка $+\alpha(x_i = 1,546)$   | 115                                 | 0,09                         | 3,0                               | 0,05                                       |
| Звёздная точка $-\alpha(x_i = - 1,546)$ | 65                                  | 0,03                         | 1,0                               | 0,01                                       |

После перевода уравнения (13) из кодированного вида в натуральный получено уравнение:

$$K_c = 79,12704 - 0,04764\alpha^2 + 0,090705V^2 - 0,94511h^2 + 0,04478\alpha + 16,40900r - 5,58434V + 8,20231h - 0,25140Vh.$$

**Ошибка! Закладка не определена.Ошибка! Закладка не определена.** (14)

На основе полученного уравнения регрессии построены графики зависимостей равномерности распределения семян по глубине заделки от конструктивных и технологических факторов (рис. 10 – 11).

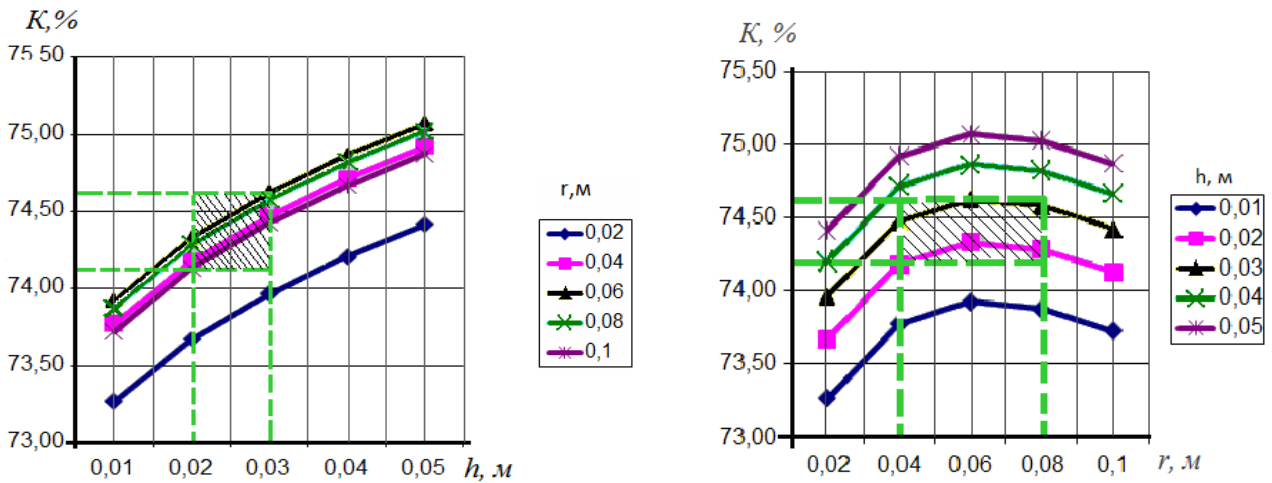


Рисунок 10 – Зависимость равномерности распределения семян по глубине посева  $K_c$  от глубины посева –  $h$  и радиуса носка сошника –  $r$ ,  $K_c=f(h, r)$ , при  $V_{agr} = 2,0$  м/с,  $\alpha = 90^\circ$

Анализируя модели (13), (14) и рисунки 10, 11 можно сделать предварительные выводы, что наибольшая равномерность по глубине посева  $K_c = 77,95$  % достигнута при угле атаки сошника  $\alpha = 60^\circ$ , радиусе носка сошника  $r = 0,06$  м, скорости движения агрегата  $V_{agr} = 3,0$  м/с, глубине посева  $h = 0,05$  м.

Наилучшая работа сошниковой группы, с точки зрения качества выполнения технологического процесса, обеспечивается при следующих значениях параметров: угле атаки сошника  $\alpha = 75^\circ$ , радиусе носка сошника  $r=0,06$  мм, скорости движения агрегата  $V_{agr} = 2,0$  м/с, глубине посева  $h = 0,03$  м.

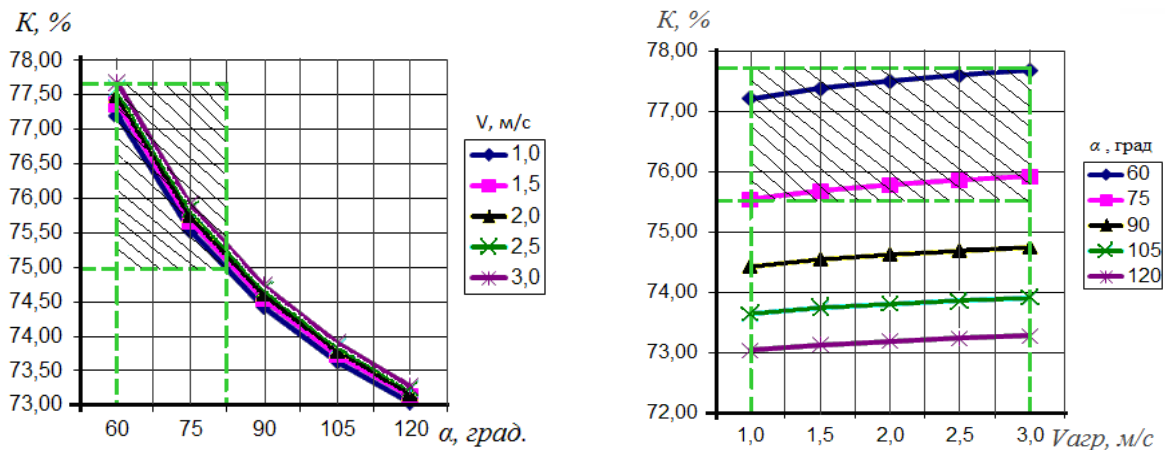


Рисунок 11 – Зависимость равномерности распределения семян по глубине посева  $K_c$  от угла атаки сошника –  $\alpha$  и скорости движения агрегата –  $V_{agr}$ ,  $K_c=f(\alpha, V_{agr})$ , при  $r = 0,06$  м,  $h = 0,03$  м

После реализации эксперимента и обработки данных по определению влияния параметров сошника на тяговое сопротивление получено уравнение регрессии:

$$Y_2 = 94,69611 + 7,96678X_1 + 3,99454X_2 - 6,16227X_3 + 0,02055X_4 + 0,97984X_1X_2 - 1,36140X_1X_3 - 1,60500X_2X_3 - 1,51848X_1^2 - 0,96726X_2^2 + 7,22784X_3^2 - 4,52376X_4^2. \quad (15)$$

Проверка гипотезы об адекватности математической модели проводилась по критерию Фишера. По результатам проверки модель признана адекватной **Ошибка! Закладка не определена.**  $F_{0,05}^{табл} = 5,25 > F_{0,05}^{расч} = 5,09$ .

После перевода уравнения (15) из кодированного вида в натуральный получено уравнение:

$$F_{тяг} = 12,16015 - 0,00674\alpha^2 - 2418,15000r^2 + 28,91136V^2 - 45237,60000h^2 + 0,14928\alpha + 516,95300r - 101,98318V + 273,51060h + 3,26630\alpha r - 0,18153\alpha V - 160,50000rV. \quad (16)$$

**Ошибка! Закладка не определена.** **Ошибка! Закладка не определена.**

На основе полученного уравнения регрессии построены графики зависимостей тягового сопротивления сошника от конструктивных, технологических и кинематических факторов (рис. 12 – 13).

Анализируя модели (15), (16) и рисунок 12 – 13, можно сделать выводы о том, что наименьшее тяговое сопротивление  $F_{тяг} = 34,38$  Н при глубине посева  $h = 3,0$  см достигнуто при: угле атаки сошника  $\alpha = 75^\circ$ , радиусе носка сошника  $r = 60$  мм и скорости движения агрегата  $V_{агр} = 2,0$  м/с.

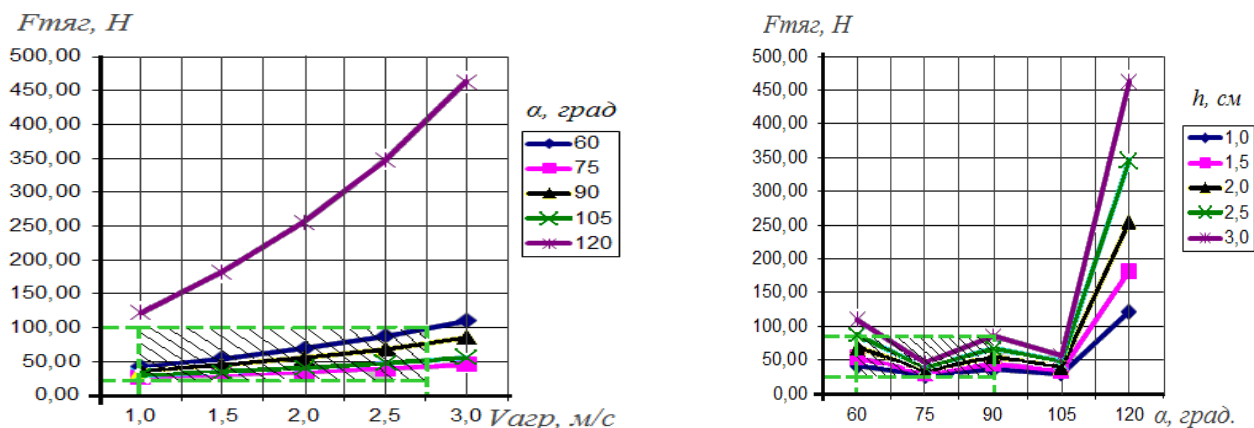


Рисунок 12 – Зависимость тягового сопротивления сошника  $F_{тяг}$  от скорости движения агрегата –  $V_{агр}$  и угла атаки сошника –  $\alpha$ ,  $F_{тяг} = f(V_{агр}, \alpha)$ , при  $r = 0,06$  м,  $h = 0,03$  м

Наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на тяговое сопротивление, являются: скорость движения агрегата, глубина посева и угол атаки сошника, фактор *радиус носка сошника* в меньшей мере влияет на тяговое сопротивление.

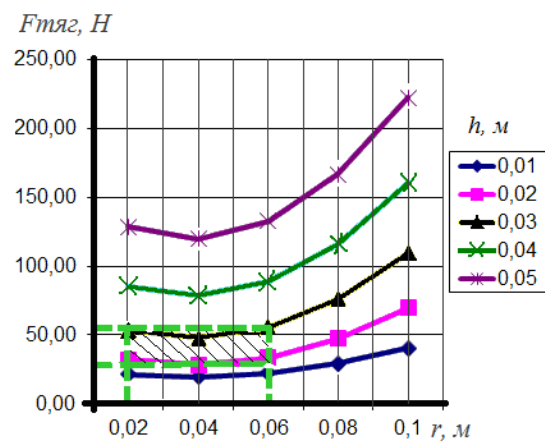
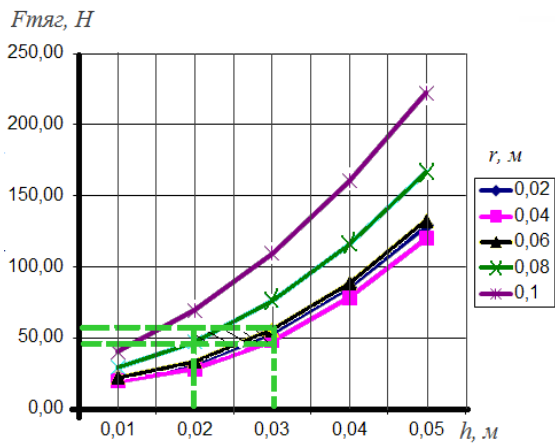


Рисунок 13 – Зависимость тягового сопротивления сошника  $F_{тяг}$  от радиуса носка сошника –  $r$  и глубины посева –  $h$ ,  $F_{тяг} = f(r, h)$ , при  $V_{агр} = 2,0$  м/с,  $\alpha = 90^\circ$

Увеличение технологических показателей: скорости движения агрегата  $V_{агр}$  и глубины посева  $h$  более рекомендованных значений приводит к росту тягового сопротивления.

На основе решения оптимизационной задачи были приняты следующие конструктивные и технологические параметры: угол атаки сошника  $\alpha = 75^\circ$ , радиуса носка сошника  $r = 0,06$  м, глубина посева  $h = 0,03$  м, скорость движения агрегата  $V_{агр} = 2,0$  м/с.

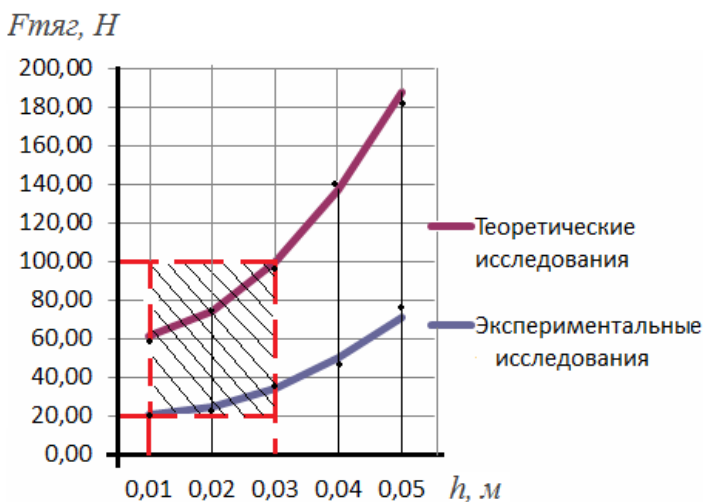


Рисунок 14 – Зависимость тягового сопротивления сошника  $F_{тяг}$  от глубины посева –  $h$ ,  $F_{тяг} = f(h)$ , при  $r = 0,06$  м,  $V_{агр} = 2,0$  м/с,  $\alpha = 75^\circ$

По результатам лабораторных исследований изготовлены экспериментальные образцы сошников для установки на сеялку ССНП-16.

Для сопоставления полученных результатов теоретических и лабораторных экспериментальных исследований рассмотрены зависимости тягового сопротивления сошника  $F_{тяг}$  от глубины посева  $h$  (рис. 14). Графики, изображенные на рисунке 14, показывают, что теоретические и экспериментальные кривые подчиняются одним закономерностям, не смотря на расхождения в абсолютных значениях.

Расхождения между теоретическими и экспериментальными зависимостями объясняются следующими причинами: при проведении теоретических исследований не учитываются факторы, которые могут оказывать влияние на сошниковую группу.



В 2013 г. на опытном поле ТФ ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина для апробации эффективности и уточнения конструктивных и технологических параметров в полевых условиях на основе проведённых теоретических и экспериментальных исследований закладывался сравнительный полевой агротехнический опыт. Задачей его было сопоставление качества посевов серийных и экспериментальных рабочих органов, проверялись процессы распределения семян льна по глубине заделки. После появления всходов определялась равномерность глубины заделки семян путём измерения этиолированной части растения. Данные по равномерности распределения семян по глубине в зависимости от типа сошника представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Равномерность распределения семян по глубине в зависимости от вида сошника

| Сошник  | Равномерность, % |
|---|------------------|
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 5 см)                        | 82,5             |
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 5 см) без лыжеобразной опоры | 75,8             |
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 7,5 см)                      | 78,3             |
| Серийный сошник (междурядье 7,5 см)                                     | 74,7             |

Полевой опыт проводился для определения влияния типа сошника на урожайность льна-долгунца. Опыт проводился в 2013 г. согласно плану, при трёхкратной повторности вариантов. Данные опыта приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Урожайность соломы и семян льна-долгунца «Томский 18» с нормой высева 25 млн шт./га в зависимости от типа сошника, т/га

| Сошник  | Урожайность соломы, т/га | Урожайность семян, т/га |
|---|--------------------------|-------------------------|
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 5 см)                        | 3,58                     | 0,76                    |
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 5 см) без лыжеобразной опоры | 3,39                     | 0,70                    |
| Двухстрочный килевидный сошник (междурядье 7,5 см)                      | 3,49                     | 0,72                    |
| Серийный сошник (междурядье 7,5 см)                                     | 3,34                     | 0,65                    |

Анализ опытных данных показал, что на величину урожайности влияет как тип сошника, его конструкция, так и междурядное расстояние. Применение сеялки, оснащённой экспериментальными двухстрочными килевидными сошниками с междурядьем 5 см, позволило получить прибавку урожайности соломы на 0,24 т/г или 7,2 %, а семян на 0,07 т/га или на 10,7 % в сравнении с контрольным вариантом.

**В пятой главе «Экономическая эффективность»** рассчитана экономическая эффективность применения двухстрочных килевидных сошников. Это экономически обоснованно, поскольку согласно расчетов можно получить экономический эффект в размере 710,4 руб./га. Суммарные дополнительные затраты на переоборудование серийной сеялки ССНП-16 невелики и окупаются за 0,24 года (1сезон), а годовой экономический эффект может составить 92352 рублей.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана конструктивно-технологическая схема сошника для посева льна-долгунца, включающая два килевидных наральника, соединенных между собой винтовой стяжкой, позволяющей регулировать расстояние междурядья от 5 до 10 сантиметров, в задней части каждого из них имеются корпуса-семяпроводы, которые соединяются с раструбом гофрированными семяпроводами, а спереди крепятся лыжеобразные ограничители глубины хода сошника, также имеется регулировочная пружина заглубления сошника с планкой, имеющей отверстия для регулировки усилия пружины. Данный сошник позволяет равномерно распределять семенной материал по глубине заделки.

2. Получены теоретические зависимости, определяющие влияние конструктивных и технологических параметров сошника для посева льна-долгунца на тяговое сопротивление, при этом сформулированы следующие выводы:

- при скорости движения  $V_{agr} = 2,0$  м/с и глубине посева  $h = 0,03$  м, а также при рациональных значениях радиуса носка сошника  $r = 0,02...0,05$  м и угле атаки сошника  $\alpha = 90...120^\circ$ , значения тягового сопротивления одного сошника составляет  $F_{тяг} = 38-65$  Н.

3. Найдены значения собственных колебаний сошниковой группы  $k = 3$  с<sup>-1</sup>, с увеличением частоты колебаний возрастает равномерность распределения семян по глубине. Предложены действия по снижению резонансных явлений в сошниковой группе, позволяющие повысить равномерность распределения семян по глубине:

- необходимо повышать собственную частоту колебаний сошниковой группы путем повышения жесткости пружины  $c = 500-2500$  Н/м;

- применение лыжеобразного ограничителя глубины хода сошника.

4. Проведены экспериментальные исследования двухстрочного килевидного сошника, позволяющие определить его рациональные параметры и режимы работы. Установлено, что качественное выполнение технологических процессов посева обеспечивается при следующих конструктивных и технологических параметрах: толщина лезвия  $H = 20$  мм, ширина лыжеобразной опоры  $l = 20$  мм, угол атаки  $\alpha = 75^\circ$ , радиус носка  $r = 60$  мм, глубина посева  $h = 3,0$  см, скорость движения агрегата  $V_{agr} = 2,0$  м/с.

5. Применение сеялки, оснащенной экспериментальными двухстрочными килевидными сошниками с междурядьем 5 см, позволило получить прибавку урожайности соломы на 0,24 т/га или 7,2 %, а семян на 0,07 т/га или на 10,7 % в сравнении с контрольным вариантом. При этом равномерность распределения семян по глубине у экспериментального сошника составила 82,5 %, а полевая всхожесть 83,0 %. У контрольного варианта 74,7 и 76 % соответственно. Также наблюдается эффективность применения лыжеобразной опоры для стабилизации хода сошника по глубине. Внедрение в производство усовершенствованной сеялки позволит получить годовой экономический эффект в сумме 92352 рубля, при сроке окупаемости за один полевой сезон.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Шевченко, А.П. Двухстрочный килевидный сошник для посева льна / А.П. Шевченко, М.А. Бегунов// Сельский механизатор. – Москва, 2013. - №4. - С. 21.
2. Шевченко, А.П. Теоретические исследования тягового сопротивления килевидного сошника / А.П. Шевченко, М.А. Бегунов// Омский научный вестник. – Омск, 2013. - №3. - С. 135-138.
3. Шевченко, А.П. Экспериментальное исследование работы двухстрочного килевидного сошника для посева льна / А.П. Шевченко, М.А. Бегунов// Омский научный вестник. – Омск, 2014. - №1. - С. 152-155.

### **Изобретения и полезные модели**

1. Пат. 128442 РФ, МПК А 01 С 7/20. Сошник / Шевченко А.П., Бегунов М.А.; заявитель и патентообладатель ФБГОУ ВПО Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина - 2013 2013101498/13; заяв. 10.01.2013; опубл. 27.05.2013.

### **Статьи в сборниках научных трудов**

1. Бегунов, М.А. Совершенствование посевных машин / М.А. Бегунов // Студенческая наука – 90-летию университета: материалы четвертого университетского конкурса на лучшую научную работу ФГОУ ВПО ОмГАУ. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2011. – С. 106-109.
2. Бегунов, М.А. Комбинированный однодисковый сошник / М.А. Бегунов // Состояние и перспективы инновационного развития АПК: Сборник статей по материалам Международная научно-практическая конференция, посвященная 5-летию Института ДПО кадров АПК ФБГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова – Саратов, 2012.- С.30-32.
3. Бегунов, М.А. Совершенствование механизма подвески сошников сеялки / М.А. Бегунов, А.А. Браун // Студенческая наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК: материалы 11 научн.-практ. Студ. Конф. – Омск, 2012. – С.88-91.
4. Бегунов, М.А. Двухстрочный килевидный сошник для посева семян льна / М.А. Бегунов // Материалы IV Региональной молодежной научно-практической конференции "Омский регион - месторождение возможностей". - Омск: Омская государственная медицинская академия, 2013. - 1 электр. опт. диск (CD-ROM).
5. Бегунов, М.А. Повышение качества посева льна-долгунца путем совершенствования рабочих органов посевных машин / М.А. Бегунов // Льноводство в Сибири: современное состояние и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции. (30-31 июля 2013 г.) – Тара, 2013. – С.73-75.

---

Подписано в печать 13.11.13. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 576.

Отпечатано в редакционно-полиграфическом отделе Тарского филиала  
ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина.  
646530, г. Тара, ул. Тюменская, 18, тел. 2-02-40.