

федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия  
имени В.Р. Филиппова

На правах рукописи



Зими́на Ольга Гениановна

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
СОШНИКА ДЛЯ ПОСЕВА С ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ НИЖЕ УРОВНЯ  
СЕМЯН

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства  
диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н., доцент  
Раднаев Д.Н.

Улан-Удэ - 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Анализ посевных машин для послойного внесения удобрений и посева семян зерновых культур.....	11
1.2. Способы внесения удобрений. Агротехнические требования.....	17
1.3. Способы посева семян.....	18
1.4. Анализ конструкций сошников для посева с внесения удобрений ниже уровня семян.....	22
<b>Выводы по главе.....</b>	<b>40</b>
1.5. Постановка проблемы, цель работы и задачи исследования.....	40
<b>2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА .....</b>	<b>42</b>
2.1. Выбор и обоснование конструктивно-технологических схемы сошника подпочвенно-разбросного посева с одновременным внесением удобрений ниже уровня семян.....	42
2.2. Теоретические предпосылки устойчивости движения комбинированного сошника с параллелограммной навеской.....	47
<b>Выводы по главе:.....</b>	<b>60</b>
<b>3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>61</b>
3.1. Методика определения физико-механических свойств почвы.....	61
3.2. Конструкция экспериментального рабочего органа – комбинированного сошника.....	63
3.2.1 Лабораторная установка.....	65
3.3. Методика проведения лабораторных исследований.....	66
3.3.1 Твердость почвы.....	68
3.3.2 Методика определения равномерности глубины заделки семян.....	68
3.4 Методика планирования эксперимента.....	71
3.4.1 Априорное ранжирование факторов.....	71
3.4.2. Крутое восхождение по поверхности отклика.....	73
3.4.3. Ротатабельное планирование второго порядка.....	78
3.5 Методика полевых испытаний.....	81
3.5.1 Методика определения динамики всхожести растений.....	82

3.5.2	Метод определения равномерного распределения растений по площади.....	83
3.5.3.	Методика определения урожайности .....	84
3.5.4.	Методика обработки данных лабораторно-полевых опытов и экспериментальных исследований.....	85
3.6.	Приборы и оборудование .....	86
<b>4.</b>	<b>РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>88</b>
4.1	Технологическая схема экспериментальной сеялки.....	87
4.2	Обоснование конструктивных параметров 95комбинированного сошника.....	95
4.3	Обоснование граничных значений основных параметров комбинированного сошника.....	94
4.4	Результаты планирования полного факторного эксперимента.....	99
	<b>Выводы по главе.....</b>	<b>104</b>
<b>5.</b>	<b>ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА.....</b>	<b>106</b>
5.1	Прямые эксплуатационные затраты денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки.....	106
5.1.1	Производительность техники за 1ч эксплуатационного времени $W_{эк}$ .....	107
5.1.2	Затраты труда на проведение посевных работ.....	107
5.1.3	Затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала.....	107
5.1.4	Затраты на ГСМ.....	108
5.1.5	Амортизационные отчисления.....	109
5.1.6	Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы.....	109
5.2	Затраты денежных средств на выполнение единицы наработки.....	109
5.3	Показатели ресурсосбережения.....	109
5.3.1	Затраты на годовой фактический объем работы.....	109
5.3.2	Годовой фактический объем работы новой техники с учетом агротехнических сроков.....	109
5.3.3	Годовая потребность в технике на выполнение работ.....	110
5.3.4	Годовая потребность в обслуживающем персонале.....	110
5.3.5	Годовая потребность в моторном топливе.....	110
5.3.6	Капиталовложения на выполнение посевных работ.....	110
5.4	Годовая экономия совокупных затрат денежных средств.....	110

5.4.1	Годовая экономия затрат в расчете на выполнение работ техникой....	110
5.4.2.	Снижение себестоимости выполнения работы $m_c$ .....	111
5.4.3	Срок окупаемости капиталовложений при выполнении годового объема работы $S_k^n$ .....	111
<b>ВЫВОДЫ.....</b>		<b>112</b>
<b>Библиографический список.....</b>		<b>115</b>
Приложения.....		132
Приложение 1. Патент на полезную модель «Сошник комбинированный»....		133
Приложение 2. Показатели определения корреляционного отношения.....		135
Приложение 3. Мнение специалистов о влиянии факторов на эффективность глубины заделки семян.....		139
Приложение 4. Акты внедрения научно-технической разработки .....		141

## Введение

В технологии возделывания зерновых культур одной из основных операций является посев. При этом одним из главных факторов качественного посева является заделка семян на заданную глубину. Рекомендуемая глубина посева семян в сухой степи Республики Бурятия составляет 6...8 см. При отклонении от заданной глубины заделки семян снижается урожайность культуры. Соблюдение агротехнических требований при посеве и внесении минеральных удобрений выполняемых сошниками является важным параметром [1, 3, 4].

В настоящее время посев зерновых культур производится сеялками, однако качество посева, не в полной мере отвечает агротехническим требованиям. Анализ существующих исследований показывают, что важнейшим резервом устойчивого производства зерна является внедрение новых комбинированных посевных машин и их рабочих органов. В современных условиях широко применяются ресурсосберегающие технологии посева. В ресурсосберегающей технологии качественный посев характеризует два фактора. Во-первых, равномерное распределение семян по площади питания и глубине заделки. Во-вторых, внесение минеральных удобрений ниже уровня семян [1, 12, 24, 25, 126]. При этом предпочтительные комбинированные посевные машины, выполняющие за один проход несколько технологических операций (предпосевная культивация, посев, внесение удобрений, прикатывание). Однако сеялки-культиваторы с комбинированными сошниками для посева зерновых культур в настоящее время недостаточно полно исследованы.

В связи с этим работа, посвященная разработке сошника с параллелограммной подвеской для подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян, которая способствует равномерному распределению семян по площади питания, глубине заделки и безопасной усвояемости удобрений имеют важное экономическое и хозяйственное значение для сельского хозяйства Бурятии.

**Степень разработанности темы.** Анализ конструкций сошников и посевных машин для посева семян и внесения удобрений ниже уровня семян показывает, что работы Мухаметдинова А.М., Татарова Г.Л., Исенова К.Г., Демчука Е.В., Кема А.А. и других посвящены определению эксплуатационных и конструктивных параметров сошника. Авторы Пяткин А.А., Габаев А.Х., Анутов Р.М., Сарсенов А.Е. и другие в своих исследованиях данный вопрос рассматривают с точки зрения устойчивости движения сошника в зависимости от угла отклонения поводка относительно вертикальной плоскости. Ими разработаны косинусоидальные, синусоидальные и другие зависимости, характеризующие угол отклонения поводкового механизма подвески сошника от равновесного положения, который влияет на неравномерность глубины заделки семян в рамках агротехнических требований ( $\pm 1$  см) для глубины хода сошника 6...8 см.

Однако не полностью исследованы вопросы разработки аналитической зависимости, связывающего устойчивость движения сошника с параллелограммой подвеской и его оптимальных эксплуатационно-технологических параметров в условиях сухостепной зоны Республики Бурятия.

**Актуальность темы исследования.** Повышение эффективности производства зерна возможно на основе применения современных энерго- и ресурсосберегающих технологий, разработки и внедрения новых машин и их рабочих органов. Сегодня наиболее востребованными являются посевные машины и комплексы, выполняющие за один проход предпосевную культивацию, посев, внесение удобрений, прикатывание с соблюдением агротехнических требований. В технологическом процессе возделывания зерновых культур важную роль играет посев, в частности, заделка семян сошниками на заданную глубину.

В почвенно-климатических условиях Республики Бурятия существующие способы посева не всегда оправдывают себя вследствие холодной весны с отсутствием почвенной влаги. Низкая полевая всхожесть зерновых объясняется

тем, что в условиях Бурятии посевной слой почвы в весенний период часто бывает в иссушенном состоянии и для получения всходов вынуждены увеличить норму высева и глубину заделки семян до 6...8 см (до влажного слоя). При отклонении от заданной глубины заделки семян снижается урожайность культуры. Посев с одновременным внесением удобрений приводит к негативному химическому воздействию семян и в последующем снижением темпа развития растений. Наиболее благоприятным является подпочвенный полосовой посев с внесением удобрений ниже уровня семян, это позволяет иметь семенам рациональную площадь питания и в дальнейшем развиваться в направлении источника питания, образуя мощную корневую систему.

Существующие в настоящее время сошники сеялок не достаточно полно отвечают агротехническим требованиям (число семян, заделанных на заданной глубине, распределение семян в рядке) при посеве семян зерновых культур, так как отсутствуют устройства, позволяющие сошникам одновременно копировать рельеф поля и рассеивать семена полосой на заданной глубине.

Поэтому исследования, посвященные разработке сошника, имеющего параллелограммную подвеску для подпочвенного полосового посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян и обоснованию его параметров, являются актуальными и имеют важное экономическое и хозяйственное значение для сельского хозяйства региона.

**Научная гипотеза.** Повышение эффективности посева зерновых культур может быть достигнуто за счет устойчивости хода сошника для подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Цель исследования.** Повышение эффективности возделывания зерновых культур за счет устойчивости хода сошника по глубине, осуществляющего посев с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Задачи исследования:**

1. Обосновать подпочвенный полосовой посев семян зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян.
2. Разработать математическую модель устойчивости движения

комбинированного сошника с параллелограммной подвеской.

3. Разработать и обосновать основные параметры комбинированного сошника с параллелограммной подвеской.

4. Провести производственную проверку и определить экономическую эффективность использования экспериментальной сеялки.

**Объектом исследования** является технологический процесс посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Предмет исследования.** Закономерности влияния устойчивости хода комбинированного сошника с параллелограммной навеской на неравномерность распределения семян по глубине.

### **Научная новизна**

1. Разработана математическая модель устойчивости движения комбинированного сошника в вертикальной плоскости, отличающаяся экспонентной зависимостью угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения, характеризующая устойчивость хода в вертикальной плоскости.

2. Разработано техническое решение и на его базе совокупность математических моделей, состоящих из уравнений второго порядка, позволяющие выявить закономерности взаимосвязей от комбинации параметров сошника для описания устойчивости хода на глубине заделки семян.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработана аналитическая зависимость по обоснованию угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения с учетом значений высоты подвеса и длины поводка в технологии ресурсосберегающего земледелия, получены теоретические зависимости на основе планирования эксперимента, уточняющие влияние конструктивно-режимных параметров сошника с его устойчивостью по глубине хода. Усовершенствован агротехнологический прием посева зерновых культур путем подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян и конструктивно-технологическая схема экспериментального сошника.

Применение комбинированного сошника для подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур в сухостепной зоне Бурятии позволяет повысить урожайность на 13-15 %.

**Методы исследования.** В теоретических и экспериментальных исследованиях в качестве основных методик использовались основные положения законов и методов классической механики и математического анализа, методика планирования эксперимента, методики проведения лабораторных, лабораторно-полевых и производственных исследований в соответствии с действующими отраслевыми стандартами (СТО АИСТ 5.1-2006 «Сеялки тракторные»). Основные расчеты и обработка результатов экспериментов выполнялись на ПК с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 7.0 RUS

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Аналитическая зависимость устойчивости движения комбинированного сошника в вертикальной плоскости, характеризующая угол отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения с учетом значений высоты подвеса и длины поводка.

2. Комбинированный сошник для подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур, имеющий параллелограммную подвеску.

3. Оптимальные эксплуатационно-конструктивные параметры комбинированного сошника (усилие, создаваемой нажимной пружиной, угол клина туконаправителя, скорость передвижения агрегата), обеспечивающие заданную глубину заделки семян зерновых культур за счет устойчивости хода по глубине.

**Степень достоверности и апробация работы.** Комбинированный сошник для подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур в течение пяти лет проходил испытания согласно плану НИР ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова» по теме: «Программа фундаментальных и

прикладных исследований по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса в Байкальском регионе на 2016-2020 годы» по проблеме: «Повышение эффективности инженерно-технической системы и ресурсосберегающих машинных технологий в агропромышленном комплексе Байкальского региона»

Основные результаты и положения проведенных исследований доложены и одобрены:

- на ежегодных научно-практических конференциях сотрудников и аспирантов, посвященная Дню российской науки, ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА имени В.Р. Филиппова в период с 2012 по 2020 годы;

- на ежегодных научно-практических конференциях, ФГБОУ ВО ВСГУТУ в период с 2012 по 2021 годы;

- на международной научно-практической конференции посвященной 80-летию доктора технических наук, профессора Сергеева Ю.А. в 2019 году.

- на всероссийской (национальной) тематической научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития», ДальГАУ, г. Благовещенск в 2021 году.

Достоверность исследований подтверждается сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**Внедрение результатов исследования.** Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при выполнении научно-исследовательской работы «Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова» в соответствии комплексной научно-технической темой: «Программа фундаментальных и прикладных исследований по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса в Байкальском регионе на 2016-2020 годы» по проблеме: «Повышение эффективности инженерно-технической системы и ресурсосберегающих машинных технологий в агропромышленном комплексе Байкальского региона», одобрены и рекомендованы к внедрению.

Сошники для посева с внесением удобрений ниже уровня семян были внедрены в следующих хозяйствах:

- СПК «Колхоз Искра», Республика Бурятия, Мухоршибирский район, село Хонхолой

- СПК ФГУП «Байкальское», Республика Бурятия, Кабанский район, с. Кабанск

- СПК «Твороговский», Республика Бурятия, Кабанский район, п. Борки

Личный вклад соискателя состоит в проведении анализа исследований в области механизации растениеводства, агротехнических приемов и степени приспособленности машин для посева и внесения удобрений в ресурсосберегающих технологиях. Соискателем разработаны теоретические предпосылки совершенствования конструктивно-режимных параметров сошника для посева с внесением удобрений ниже уровня семян, проведены экспериментальные исследования МТА с экспериментальной сеялкой, разработаны программа и частные методики экспериментальных исследований. Соискатель принимал личное участие в разработке и изготовлении технического средства для посева с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 6 статей в журналах из списка ВАК, 4 статьи РИНЦ, 1 патент РФ на полезную модель.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 130 страницах, содержит 11 таблиц, 47 рисунков и 4 приложения. В списке литературы содержится 158 наименований источников, из них 16 – на иностранном языке.

## **1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **1.1. Анализ посевных машин для послойного внесения удобрений и посева семян зерновых культур**

При возделывании сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется посеву семян зерновых и других культур. Посев осуществляется сеялками. Сеялки по способу посева делятся на рядовые, квадратно-гнездовые, гнездовые, пунктирные, разбросные. Они бывают универсальными, специальными и комбинированными.

Универсальные сеялки обеспечивают посев различных культур, например, зерновые и зернотравяные. К специальным сеялкам относятся хлопковые, свекловичные, кукурузные, овощные, они высевают обычно одну культуру. К комбинированным, относятся сеялки, имеющие туковысевающие аппараты. В конструкцию сеялок входят высевающие аппараты, семяпроводы, сошники и заделывающие устройства [1, 26, 32, 33, 36, 120].

Сошники сеялок должны обеспечивать лучшее заделывание семян от этого зависит их всхожесть и развитие растений. Размещение удобрений на 2-3 см ниже, чем семена обеспечивают питанием растения, способствуют развитию их корневой системы, т.к. находятся во влажном слое почвы.

Существуют комбинированные сеялки с послойным внесением удобрений и посевом семян. К ним относятся комбинированная сеялка СЗК-3,6 одновременно с высевом семян вносит в засеваемые рядки стартовые дозы (25...200 кг/га), а в междурядьях основные дозы (100... 1000 кг/га) удобрений. Удобрения заделывают однодисковыми сошниками на глубину 79...115 мм, а семена— двухдисковыми или килевидными сошниками на глубину 35...89 мм. В этом случае между семенами и удобрениями образуется почвенная прослойка [101, 102, 103].

Сеялка культиватор СК-3,6 предназначена для посева семян зерновых культур с одновременным внесением минеральных удобрений ниже уровня посева семян. Сошник в виде культиваторной лапы имеющий тукопровод и семяпровод. Посев семян осуществляется на глубину 2...5 см. внесение

удобрений на глубину 8...10 см. Недостатком является, что данная сеялка используется только для ленточного посева (рис. 1) [2].

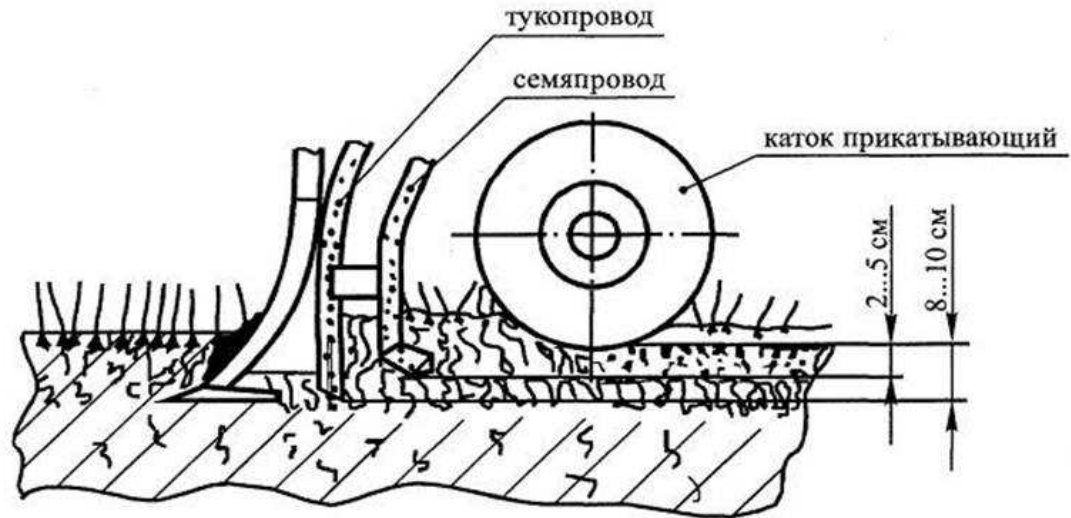


Рисунок 1 – Схема посева зерновых культур сошником сеялки СК-3,6

В Башкирском ГАУ разработан комбинированный рабочий орган в виде стрелчатой лапы с долотом для сеялки СЗС-2,1 обеспечивающее разноглубинное внесение удобрений и посев семян (рис. 2). Недостатком применения долотообразных сошников является то, что при использовании машин с рамной конструкцией поверхность поля должна быть хорошо выровнена, при посеве по мульче необходима предварительная обработка культиватором [60, 61].

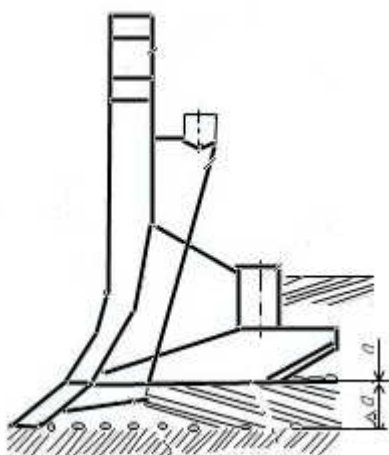


Рисунок 2 – Схема комбинированного рабочего органа

Сеялка СЗТ-4 предназначена для посева зерновых колосовых культур при минимальной обработке почвы, имеет дискатор БДМ. СЗТ-4 может

использоваться в разных по климату зонах и почвенных условиях, в т. ч. на почвах подверженных ветровой, водной эрозии, в том числе и слабокаменистые. Она выполняет разноглубинное внесение удобрений и посев семян. Посев происходит с одновременным прикатыванием. В процессе работы проводится регулировка сошников на заданную глубину посева. Есть возможность объединения бункера для зерна с бункером для удобрений. Недостатком является, что сеялка осуществляет только рядовой посев [103].

Сеялка «Агро-Союз АТД» оснащена пневматическими прикатывающими колесами, они могут работать в условиях высокой влажности путем регулирования давления и специального рисунка протектора, за счет которого происходит самоочищение колес от грязи. Каждая полоса посева прикатывается своим колесом почвоуплотнителя, по всей ширине захвата создается равномерное давление на почву. Тем самым обеспечиваются благоприятные условия для прорастания семян.

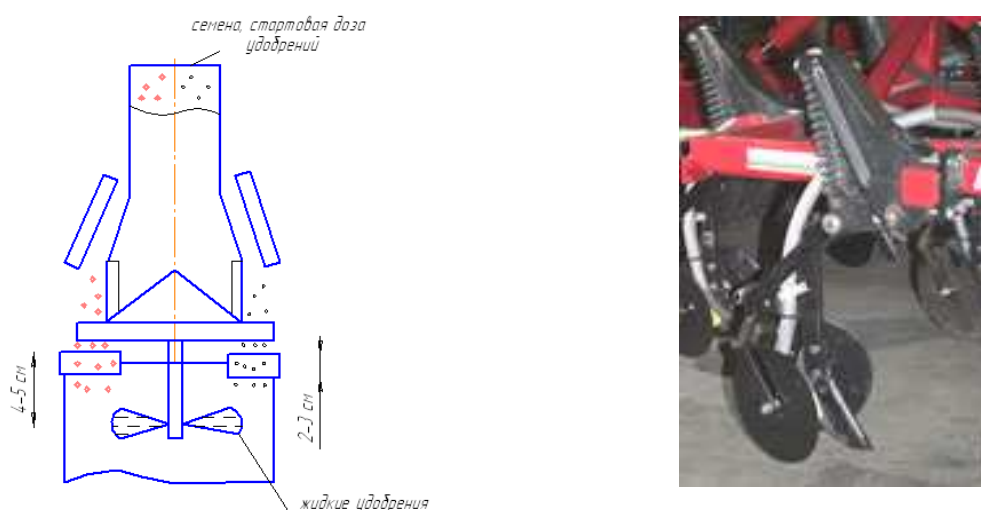


Рисунок 3 – Схема технологического процесса сошника «Дуэт», секция сеялки «Агро-Союз АТД»

В состав сеялки входит парный сошник «Дуэт», он проводит точный и равномерный широкополосный посев на 18-20 см с глубиной посева до 7 см, в 3-4 раза увеличивая площадь питания каждого ростка, что повышает урожайность в целом. У сошника есть возможность одновременно вносить жидкие или гранулированные удобрения.

Удобрение вводится точно под полосы посева на глубину 4-5 см ниже ее горизонта. При этом исключается вероятность химического ожога семян. Сельскохозяйственные затраты сокращаются. Недостатком является дороговизна и требуется трактора большой мощности [134].

У комбинированной сеялки «John Deere» 1895 установлены два ряда сошников на расстоянии 25,4 см для посева семян, и третий ряд сошников размещен в передней части. Они обеспечивают внесение основных минеральных удобрений. Междурядье для посева 25,4 см, междурядье для удобрений 50,8 см, расстояние между посевным материалом и удобрениями 127 мм. Удобрения вносят глубже, чем семена, чтобы корни растений могли питаться, в требуемый срок [102].

Пропашные сеялки осуществляют посев семян кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, сои и др. Некоторые модели пропашных сеялок так же выполняют внесение удобрений ниже слоя посева семян. К ним относятся, универсальная пневматическая навесная сеялка СУПН-8А осуществляет посев пунктирным способом и одновременно происходит внесение удобрений. Из туковысевающих аппаратов удобрения попадают тукопроводы из них в сошники, заделка происходит сбоку от рядка семян. Недостатком является, что посев осуществляет только по некоторым видам культур таких как кукуруза, сахарная свекла. [90, 126].

Свекловичная сеялка ССТ-12В (рис. 4), проводит посев калиброванных и дражированных семян сахарной свеклы с одновременным внесением минеральных удобрений. Удобрения туковысевающим аппаратом подаются в сошник и заделываются в почве отдельно от семян. Каток прикатывает почву перед сошником. Недостатком сеялки ССТ-12В является то, что она не предназначена для зерновых культур [90, 126].

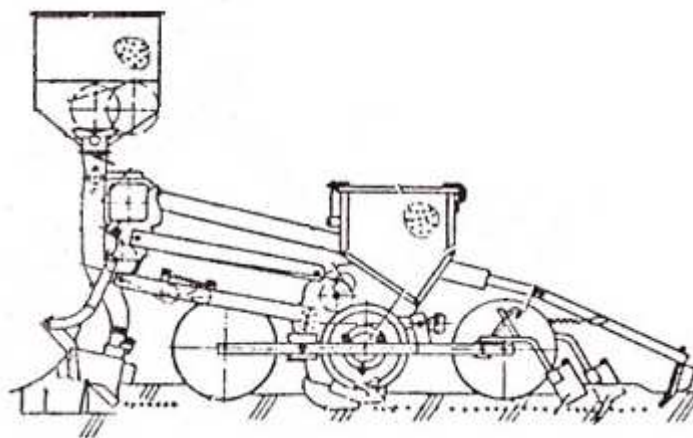


Рисунок 4 – Схема технологического процесса, выполняемого сеялкой ССТ-12В.

При посеве овощных семян применяется сеялка СО-4,2 (рис.5) Семена высеваются пунктирным, гнездовым, широкорядным и ленточным способами. Полозовидные и дисковые сошники заделывают удобрения на 2-3 см ниже семян [1].

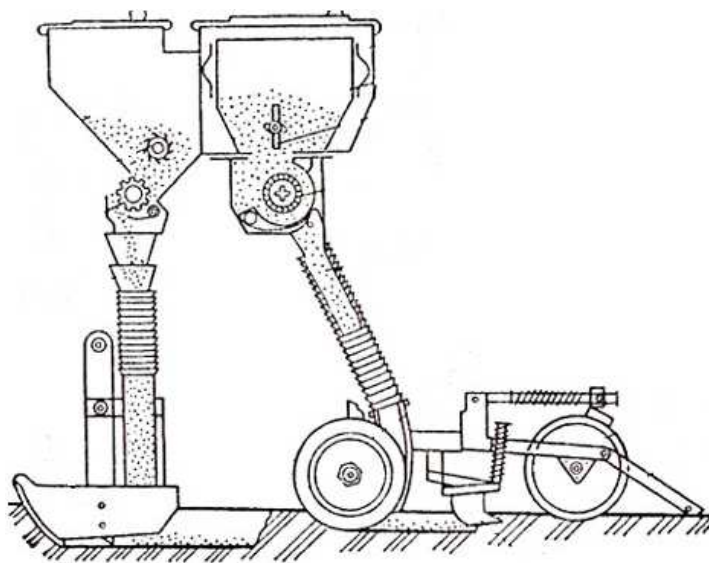


Рисунок 5 – Схема рабочего процесса сеялки СО-4,2

Применение посевных машин с послойным внесением удобрений обеспечивает питание семенного материала. Питание вносится по отдельному семяпроводу на глубину на 2-3 см ниже заделки семян, что исключает обжиг первичной корневой системы. Раздельное внесение – главный аргумент в пользу применения таких сеялок, так как специалисты знают, что при внесении минерального питания и семенного материала в одну зону, первичная корневая

система при прорастании обжигается, вызывая депрессию растения на 5 - 7 дней. Вследствие чего происходит снижение на 15% урожая, в среднем.

## **1.2. Способы внесения удобрений. Агротехнические требования**

Внесение удобрений способствует повышению плодородия почв. Существуют 3 способа внесения удобрений: допосевное (или основное), припосевное (в рядки, гнезда, лунки) и послепосевное (или подкормки в период вегетации).

При внесении удобрений, непосредственно в почву происходит сокращение расхода дорогостоящих средств химизации, времени на обработку почвы и улучшение экологии окружающей среды. Удобрения лучше располагать во влажном слое почвы в зоне активной деятельности корневой системы растений (15 - 25см), так как при мелкой заделке удобрений и при поверхностном внесении без заделки (0 - 5см) они будут находиться в верхнем иссушенном слое почвы над корневой системой растений и не дадут ожидаемого эффекта. По способам внесения удобрения разделяют на разбросной, без заделки или с заделкой на разную глубину, и локальное, в виде лент (специальными орудиями) в лунки, рядки или гнезда при посеве, посадке и при корневых подкормках [90, 126].

Основное удобрение обеспечивает питание растений на протяжении всего периода его роста и развития. Его вносят осенью или весной в зависимости от почвенных и климатических условий, а также от особенностей удобряемой культуры и применяемых удобрений. В качестве основного вносится большая часть удобрения (питательных веществ) из общего количества, необходимого растениям.

Припосевное удобрение вносится при посеве семян или высадке рассады и обеспечивает питание молодые растения в период, когда они еще не имеют мощной корневой системы и плохо могут использовать питательные вещества из почвы. Обычно используют минимальную дозу удобрения, чтобы избежать в почве (в районе молодых корней) высокой концентрации питательных веществ,

которая может отрицательно сказаться на росте и развитии растений и прорастании семян.

Внесение удобрений разбросным поверхностным способом происходит на глубину 0-10см, при этом способе внесения отрицательным является то, что в первой половине вегетации растений этот слой почвы находится в иссушенном состоянии и здесь не происходит развитие корневой системы. Размещение удобрений в нижних слоях почвы наиболее эффективно в наших условиях, особенно при посеве, когда гранулы удобрений ложатся на 2-3см ниже, чем семена. В этом слое при развитии корневой системы растений происходит питание и в дальнейшем появление дружных всходов [90, 113, 126].

Подкормки позволяют усилить питание растений в определенные периоды их развития и ликвидировать недостаток какого-то микроэлемента.

По химическому составу удобрения разделяют на две группы: минеральные и органические.

Минеральные удобрения по назначению разделяют на удобрения прямого действия то, есть они влияют на питание растений и косвенные их назначение улучшение физико-химических свойств почвы.

Плотность удобрений измеряется в пределах от 0,8 до 1,7 т/м<sup>3</sup> основные виды туков имеют плотность от 0,9 до 1,2 т/м<sup>3</sup>. Размеры гранул колеблются от 1 до 4 мм. Так же влияют такие параметры как сыпучесть, рассеиваемость, слеживаемость.

Органические удобрения очень хорошо влияют на плодородие почвы они обеспечивают её обогащение но улучшают физико-механические свойства. К ним относятся навоз, торф, торфонавозные компосты и т.д.

### **1.3. Способы посева семян**

Одним из основных требований технологии посева семян является обеспечение высокой продуктивности возделывания культур, которая зависит от ряда факторов, которые влияют на прорастание и развитие семян. Агротехника

возделываемых культур, зависит от таких факторов как подготовка почвы, внесение удобрений, посев семян, что в дальнейшем влияет на равномерное распределения между растениями всех факторов жизнедеятельности.

Кроме названного выше, на жизнедеятельность растений влияют способы и сроки посева, глубина и густота размещения семян, равномерность их распределения, площадь питания каждого растения и др. Если выделить один из этих факторов – площадь питания растения, то от правильного ее выбора зависят в значительной мере и урожайность культур, и себестоимость их производства. Растения должны быть обеспечены благоприятными условиями для усвоения питательных веществ из почвы и солнечной энергии.

По некоторым сведениям, для зерновых культур оптимальной считается площадь питания в виде квадрата со сторонами 4x4 или 4,5x 4,5 см. В то же время встречается информация, по которой оптимальная площадь питания для одного растения зерновых культур в зависимости от почвенно-климатических и некоторых других условий, имеет более широкий предел колебаний – от 10 до 30 см<sup>2</sup> [89, 113, 125].

Круглая форма площади питания обеспечивает самые благоприятные условия развития растения. Автор Сабликов М.В. в своих трудах пишет о том, что необходимо размещать зерновку рядками, сдвигая их на расстояние равное  $b=r\sqrt{3}$ , а промежутки между зернами должно составлять  $L=2r$

Из сказанного следует, что для более полного использования растениями необходимых для их развития таких факторов, как свет, вода и питание, необходимо равномерное распределение семян по площади поля или, другими словами, обеспечение каждого семени определенной площадью питания. Так как равномерность распределения семян и, соответственно, площадь питания каждого из них зависят от выбранного способа посева. Способы посева и посадки зависят от почвенно-климатических условий и особенностей культуры.

Проведенный анализ научно-исследовательских работ [50, 64, 75, 78, 79, 122, 123], показывает, что в конструкции большинства существующих сеялок предусмотрен посев с одновременным внесением удобрений. Недостатком этого

способа является непосредственный контакт семян гранулами удобрений, который приводит к нежелательным химическим воздействиям между ними и конкуренции по использованию почвенной влаги. Поэтому наиболее благоприятным является раздельное, то есть слой удобрений располагаются ниже семян [90]. Это позволяет корням растений развиваться в направлении источника питания и полнее усваивать минеральные вещества.

Структуру богарных посевных площадей Забайкалье определяют жесткие климатические условия. Среднегодовое количество осадков здесь 250-300 мм. Распределяются они неравномерно: большая часть выпадает зимой и ранней весной. Летний период характеризуется засушливостью и высокими температурами. В связи с этим в рассматриваемой зоне возделывают культуры, способные наиболее полно использовать весеннюю влагу. Это яровая пшеница и яровой ячмень. Урожайность зерновых культур колеблется в широких пределах: 3,0-20,0 ц/га. Известно, что урожайность зерновых культур влияют в основном влага и питательные вещества в почве. Низкая полевая всхожесть зерновых объясняется тем, что посевной слой почвы часто находится в иссушенном состоянии и для получения всходов вынуждены глубину заделки семян увеличить до 6...8 см (до влажного слоя) [12, 22, 23, 24, 25, 90, 126].

При возделывании зерновых культур применяются различные виды технологий это: 1. традиционные; 2. экстенсивные 3. интенсивные 4 . высокоинтенсивные. Все они направлены на создание благоприятных условий для роста и развития растения.

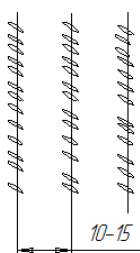
Традиционная технология включает предпосевную обработку почвы, внесение удобрений, подготовка и посев семян, уход за посевами включающая защиту их от вредителей и т.д., сбор урожая.

Экстенсивная технология заключается в получении продукции без качественного увеличения урожаев в основном за счет увеличения площадей посевов.

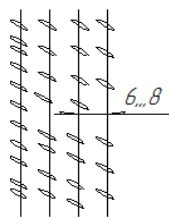
Интенсивные и высокоинтенсивные технологии предполагают не только обеспечение оптимального уровня минерального питания растений и соответству-

ющую защиту от сорняков, болезней и вредителей, но и качественно отличные способы предпосевной обработки почвы с помощью специальных машин. Посев на одинаковую глубину сеялками точного высева, внесение удобрений ниже слоя посева семян, ухода за посевами с использованием опрыскивателей, уборки урожая высокопроизводительными техническими средствами [106, 109].

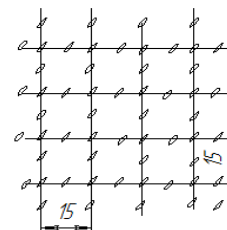
Для посева зерновых культур различными способами применяются посевные зернотуковые сеялки марки СЗ-3,6, СЗ -2,1. По способу посева семян различают рядовой, семена размещаются в рядах с расстоянием между ними 10-15 см, Разновидностями рядового посева являются узкорядный, он применяется для более равномерного распределения семян по площади, перекрестный состоит в том, что по одному полю сеялочный агрегат проходит два раза — вдоль и поперек.



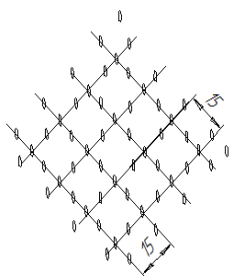
рядовой  
сеялка СЗС-3,6 А



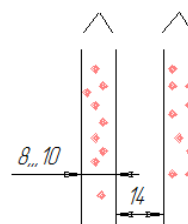
узкорядный  
СЗУ-3,6



перекрестный  
СЗ -3,6



перекрестно-диагональный СЗ -3,6



полосовой СЗ-2,1

Рисунок – 6 Способы посева семян

Его недостаток это что агрегат осуществляет двойной проход по полю и требуется больше затрат влияет на то что затягиваются сроки посева. Недостатки этого способа посева устраняются применением перекрестно-диагонального

способа посева семян зерновых культур. Семена распределяются равномерно. Сокращаются холостые проезды по полю, происходит экономия горючего материала. Полосовой способ применяется для увеличения площади питания растениями, что приводит к повышению урожая.

Применяя полосовой способ посева семян с одновременным внесением удобрений, но при этом, размещая удобрения в слое ниже слоя посева семян, позволит в период прорастания корневой системе обеспечить питательными веществами. Существует различные способы посева:

1. Гребневой способ, он применяется в зонах повышенного увлажнения и при орошении. На вершинах гребней семена заделывают при избытке влаги и недостатке тепла.

2. Посев в борозды применяется в засушливых районах для пропашных культур, таких как кукуруза, сорго и др.

3. Посев по стерне для почв подверженных ветровой эрозии.

4. Подпочвенно-разбросной посев позволяет совмещать предпосевную обработку почвы с посевом улучшить равномерность обеспечения растений питанием и влагой. Данный способ посева сокращает сроки посевной кампании.

#### **1.4. Анализ конструкций сошников для посева с внесения удобрений ниже уровня семян**

Сошники предназначены для образования борозды, укладывания в нее семян и их заделки.

По технологическому принципу они делятся на две группы: качения (дисковые) и скольжения (анкерные)

Первая группа делится на две подгруппы – двухдисковые и однодисковые. Вторая также на две подгруппы – с острым и тупым углом вхождения в почву.

Для послойного посева семян и внесения удобрений сошники имеют форму:

1. полозовидный комбинированный применяется в посевных машинах для пропашных культур, овощных культур.
2. килевидный в зерновых сеялках.
3. сошник со стреловидным наральником в картофелесажалках.

4. сошник с долотом для посева семян зерновых культур
5. лаповый сошник для подпочвенно- разбросного посева.

Полозовидными сошниками снабжены сеялки СУПН-8, СО-4,2

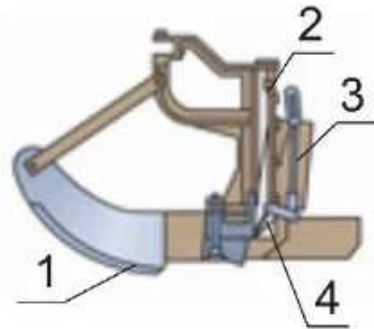


Рисунок 7 – Сошник полозовидный

1-наральник; 2-раструб; 3-тяги клапана; 4-клапан

предназначенных для посева семян хлопка, и овощных культур, например свекла.

Полозовидные сошники применяются для высева семян имеющих малую упругость и большой коэффициент трения. Поэтому наральник имеет удлиненную ножевидную форму (рис.7) [90, 126].

Килевидные сошники или анкерные состоят из наральника, корпуса и поводка. Наральник имеет форму треугольника, нижняя часть которого заканчивается заостренным килем. Применяются для высева семян трав, льна и др. культур. Килевидными сошниками снабжены посевные сеялки Versatile компании Ростсельмаш, Amazone Primera DMC (Германия), Amazone AD3 Special (Германия). Килевидные сошники применяются в регионах с засушливым климатом. Анкерные сошники установлены на сеялке Amazone AD3 Special

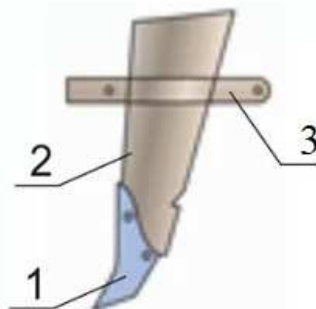


Рисунок 8 – килевидный сошник

1-наральник; 2-раструб; 3-хвостовик

Долотообразные сошники имеет широкозахватный посевной комплекс «Horsch – Агро-Союз» совместного производства компании «Horsch» (Германия) и Корпорации «Агро-Союз» (Украина). Парный сошник «дуэт» (рис 9) обеспечивает точный и равномерный широкополосный посев на 18-20 см с глубиной посева до 7 см. Сошник одновременно может вносить жидкие или гранулированные удобрения. Внесение удобрений происходит точно под полосы посева на глубину 4-5 см ниже ее горизонта. При этом исключается вероятность химического ожога семян. Так же с его помощью возможно одновременное внесение посевной культуры и гранулированных удобрений. Недостатком является высокое тяговое сопротивление [134].

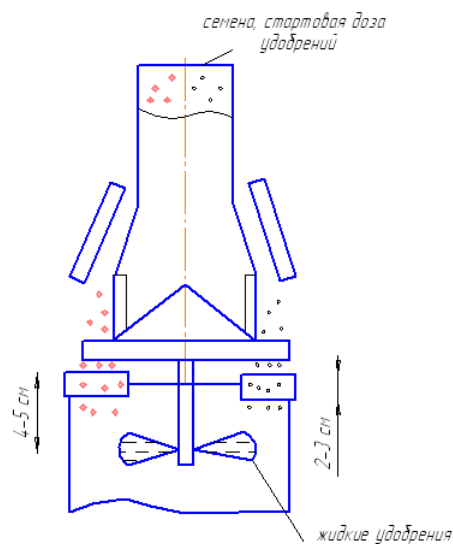


Рисунок 9 – Схема работы сошника «Дуэт»

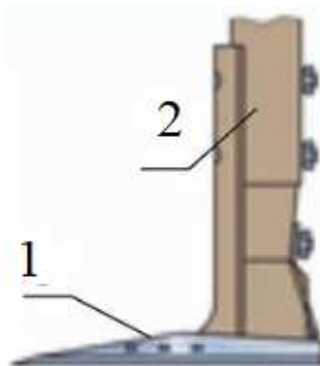


Рисунок 10 – Сошник лаповый

1-лапа; 2-труба;

Лаповые сошники, применяются в сеялках Horsch Sprinter ST (Германия), Morris Concept 2000 (Канада), СЗ-3,6А. Сошник сеялки Horsch Sprinter ST применяется для полосного посева на тяжелых почвах. Он снабжен пружинным предохранительным устройством. Сошник сеялки Morris Concept 2000 осуществляет сплошной посев на ширину до 15см. Обеспечивает одновременное внесение гранулированных удобрений отдельно от семян (рис.11).

Достоинства лаповых сошников в том, что они обеспечивают рациональную площадь питания, подготавливают плотное ложе для семян, обеспечивают одинаковую глубину их заделки. Недостатки сошников это высокое тяговое сопротивление.



Рисунок 11 – сеялка Morris Concept 2000

В Тверской ГСХА Сафроновым В.В., Сергеевым А.В., Юшиным А.Н., разработан сошник полозовидный комбинированный (патент АОС 7/20 № 2 378 816, опубликованный 20.01.2010, бюл. №2), разработан для высева мелкосеменных сельскохозяйственных культур, таких как лен, рапс и трав, и выполняет заделку в почву и вносит удобрения.

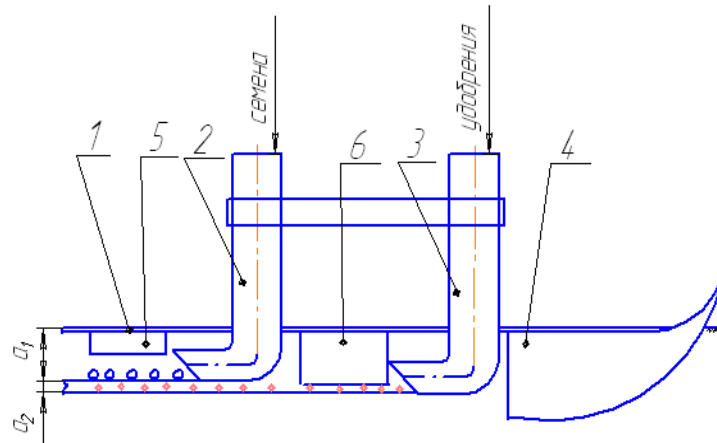


Рисунок 12 – Схема сошника полозовидного комбинированного. (Патент А0С 7/20 № 2 378 816, опубл. 20.01.2010, бюл. № 2): 1-полоз; 2-ложеобразователь-семянаправитель; 3-бороздообразователь-туконаправитель; 4- нож; 5-пластина для закрытия семян; 6-пластина для закрытия удобрений.

В состав сошника входят полоз лыжеобразной формы 1, ножа 4, бороздообразователя-туконаправителя 3. ложеобразователь-семянаправитель 2, изогнутый в нижней части имеет косой срез, формирует в почве бороздку необходимой глубины, уплотняет семенное ложе. (рис.2).

Недостатком является то, что он может применяться только для мелкосеменных культур.

В некоторых сеялках в качестве рабочих органов используются сошники на основе культиваторной лапы, одновременно выполняющие функции рабочего органа для предпосевной обработки почвы (рыхление и подрезание сорняков) и рабочего органа для посева (распределение семян и их заделка) [74].

Наседкиным А.С., Панковым Д.М. запатентована конструкция сошника для внесения семян и твердых удобрений, (патент РФ № 2 437 268 кл. А01С, опубликованный 27.12.2011г).

Данный сошник состоит из пустотелой стойки-держателя 2, закрепленной на раме, и тукопровода, смонтированного с выступающими ниже уровня ножей 6, режущей лапы 1. тукопровод 4, регулируется по высоте он подпружинен и снабжен ограничителями хода ножа, вверх-вниз, выполненными в виде колец 5,

смонтированных на тукопроводе. Механизм регулирования тукопровода выполнен в виде ряда отверстий 3, находящихся на кронштейне 7 (рис.3).

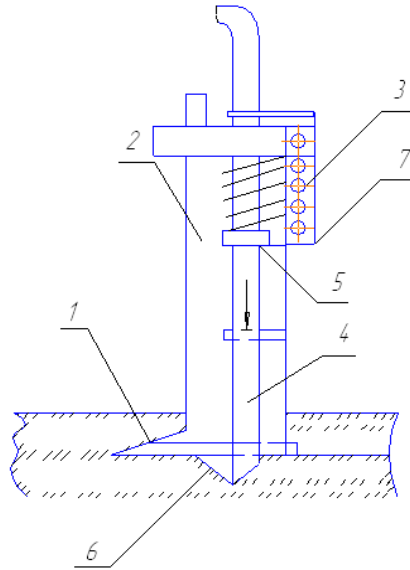


Рисунок 13 – Схема сошника для внесения семян и твердых удобрений  
1- режущая лапа; 2-стойка-дрезатель; 3-отверстия; 4-тукопровод; 5-кольца;  
6-отражающе-режущий нож; 7 –кронштейн.

Достоинством является, что не происходит забивание почвой. Недостатком конструкции является, что нужно постоянно проводить регулирование тукопровода по высоте. [73]

В Башкирском государственном аграрном университете А.М. Мухаметдиновым, С.Г. Мударисовым, Р. Ф. Юсуповым, разработан комбинированный рабочий орган для разноглубинного посева семян, который применяется для модернизации сеялок СЗС 2,1 (рис. 14).

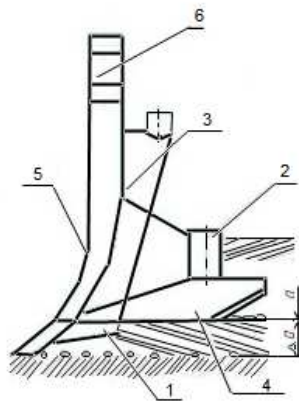


Рисунок 14 – Схема комбинированного рабочего органа 1-направитель для удобрений; 2-семяпровод; 3-тукопровод;; 4-лапа стрельчатая; 5- долото; 6- отверстие для крепления.

Устройство позволяет укладывать семена и удобрения на разную глубину посева. Рабочий орган стрельчатая лапа 4 снабжена долотом 5. Направитель для удобрений 1 расположен в средней части рабочего органа и имеет большее заглубление по сравнению с направляющими для семян [61].

Камбуловым С.И., Тараниным В.И. разработан комбинированный почвообрабатывающе-удобрительно-посевной сошник (патент 2366145РФ, А01С7/20. опубл. 10.09.2009) (рис.15)

В состав сошника входит стрельчатая лапа, которая подрезает пласт, образуя уплотненное ложе. Рабочая поверхность образует мульчирующий слой. Трехгранный клинья 3 образуют область расположения удобрений ниже уровня глубины хода лапы от 3 до 4 см. Минеральные удобрения поступают в вертикальный канал 1 и по горизонтальному каналу направляются в полую область. Семена поступают в стабилизатор 2, и по семяпроводу, в рассеиватель который имеет форму полуконуса, семена укладываются на поверхность уплотненного слоя, отвальчики-загортачи 5, заделывают след от стойки и образуют мульчирующий ровный слой [72].

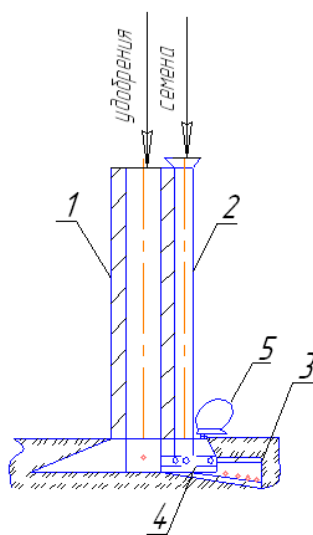


Рисунок 15 – Схема комбинированного почвообрабатывающе-удобрительно- посевного сошника (патент 2366145РФ, А01С7/20 опубл. 10.09.2009)

- 1-вертикальный канал для удобрений; 2-стабилизатор-семяпровод;
- 3-трехгранные клинья; 4-рассеиватель для семян; 5- отвальчики-загортачи.

Исеновым К.Г. из Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина, разработаны конструкции комбинированных сошников для отдельного посева семян и внесения удобрений.

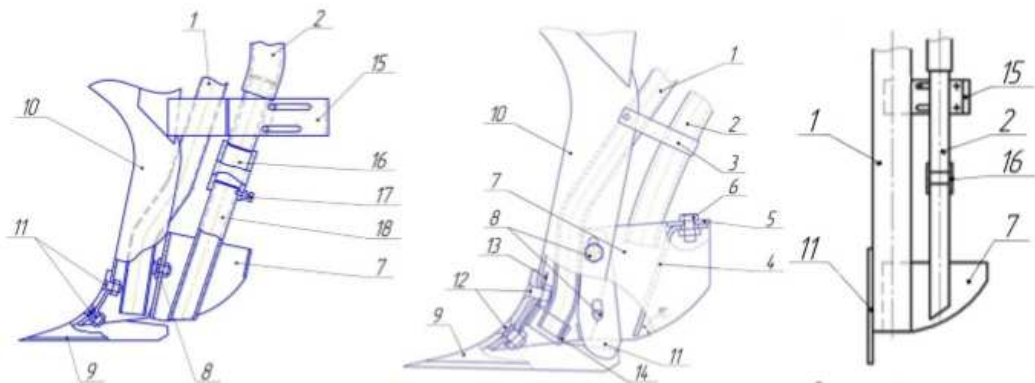


Рисунок 16 – Экспериментальные сошники для отдельного внесения семян и удобрений: а) лаповый без уплотнителя; б) лаповый с наральником; в) наральниковый сошник

1- тукопровод; 2 – семяпровод; 3 – хомут; 4 – семянаправитель; 5 - крепежная пластина; 6, 12 - болтовое соединение; 7 - боковые пластины; 8 – кронштейн; 9 - культиваторная лапа; 10 – стойка; 11 – наральник; 13 – кронштейн; 14 - направитель для тукопровода; 15 – регулировочная пластина; 16 – переходник; 17 – регулировочный болт; 18 – семянаправитель

В состав сошника входят трубчатая стойка 10, культиваторная лапа 9 и две боковые пластины 7, которые закреплены выше нижнего обреза стойки культиваторной лапы 9 и имеют выполненные по экспоненциальной кривой скосы, направленные снизу вверх и в противоположную сторону движению сошника. Семянаправитель 16 установлен в зоне между пластинами 7 и состоит из двух частей: верхней и нижней. К верхней части трубки приварена пластина 12, с помощью которой трубка крепится к кронштейну 4. Верхняя и нижняя части трубки соединены с помощью муфты 16.

Недостатком является металлоемкость конструкций. Сложность изготовления, залипание [36].

Татаровым Г.Л. из Ульяновской сельскохозяйственной академии имени П.А. Столыпина, предложена конструкция сошника для разноуровневого высева семян и удобрений.

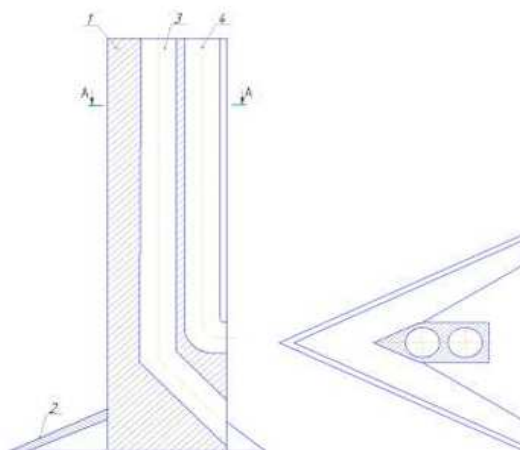


Рисунок 17 – Сошника для разноуровневого высева семян и удобрений:

1 – стойка; 2 – стрельчатая лапа; 3 – канал для высева удобрений;

4 - канал для высева семян

Туковый аппарат бункера сеялки посредством тукопровода соединяют с входным отверстием канала 3 сошника, а высеваящий аппарат для семян посредством семяпровода - с входным отверстием канала 4 сошника. При движении сеялки сошники для разноуровневого внесения семян и удобрений своей передней частью, выполненный в форме клина, разрезают верхний слой и сдвигают его в междурядье. Из туковысевающих и семявысевающих аппаратов через туко- и семяпроводы в соответствующие каналы 3 и 4 сошника подаются удобрения и семена и высеваются в почву на разной высоте, причем линия высева удобрений располагается ниже линии высеянных семян. Выполнение передней части стойки 1 клиновидной позволяет снизить тяговое сопротивление на перемещение сошника. Выполнение верхних частей каналов 3 и 4 в стойке 1 вертикальными, а также выполнение их нижних частей отклоненными от вертикали на угол, меньший, чем максимальный угол естественного откоса семян и удобрений, расположение выходных отверстий каналов друг от друга на расстоянии, равном требуемой разнице по глубине заделки семян и удобрений, позволяет семенам и удобрениям без дополнительного сопротивления продвигаться в каналах 3 и 4 от входного до выходного отверстия и качественно укладываться в почву на разной высоте».

Данный вид конструкции сошника может применяться только для посева многолетних трав гребневым способом [120].

Повышение эффективности возделывания зерновых культур является актуальной темой. Многие научные исследования посвящены изучению влияния взаимодействия почвы с рабочим органом сошником.

Татаров Г.Л. в своей работе рассматривает теоретическое обоснование параметров сошника для разноуровневого высева семян и удобрений для пропашных культур с применением сеялки для гребневого посева, им разработано уравнение, которое описывает процесс взаимодействия рабочего органа с почвой. Была получена теоретическая зависимость, которая позволяет определить тяговое сопротивление сошника с учетом глубины его хода, угла заточки, угла наклона и толщины стойки, скорости движения и ширины захвата стрелчатой лапы, а также физико-механических свойств почвы. Составлено уравнение движения почвенной частицы, рассмотрено влияние тягового сопротивления на работу сошника, выведено уравнение:

$$F = K_a C_{y\delta} h \left\{ \left[ 1 + 0,1\delta_c \right] \left[ 1 - \frac{(90^\circ - \beta)}{180} \right] + \frac{v_c^2}{g} \right\} + R_z t g \beta + 8000 p_n S_{\text{бп}}. \quad (1.4.1)$$

где  $K_a$  – коэффициент, учитывающий влияние угла заострения стойки;

$C_{y\delta}$  - сцепление почвы, Н/м<sup>2</sup>;

$h$  – глубина хода сошника, м;

$\delta_c$  – толщина стойки сошника, м;

$\beta$  – угол резания, град.;

$v_c$  – скорость движения сошника в почве, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,

$p_n$  -удельное сопротивление налипанию почвы, Н/м<sup>2</sup>;

$S_{\text{бп}}$  - площадь боковой поверхности части сошника, погруженной в почву, м<sup>2</sup>.

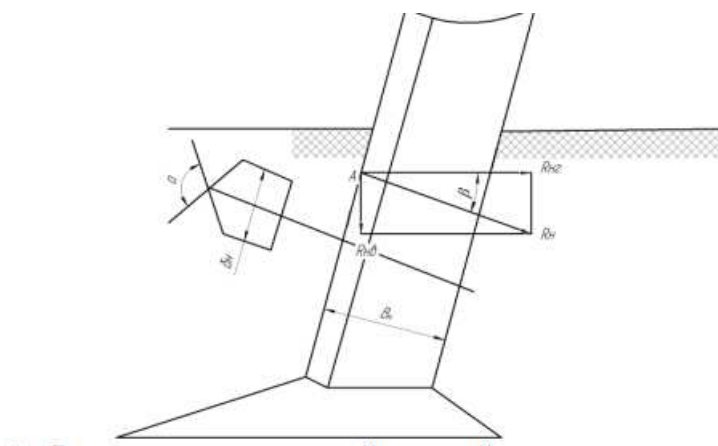


Рисунок 18 – Распределение усилий на стойке сошника

Мухаметдинов А.М. рассматривает теоретическое обоснование работы комбинированного сошника для разноглубинного посева семян зерновых культур. сошник имеет долото. Разработана математическая модель процесса взаимодействия сошника с почвой на основе уравнений динамики сплошной деформируемой среды с учетом силы реакции дна и стенок борозды. Установлены начальные и граничные условия функционирования модели, связанные с конструктивно-технологическими параметрами комбинированного сошника.

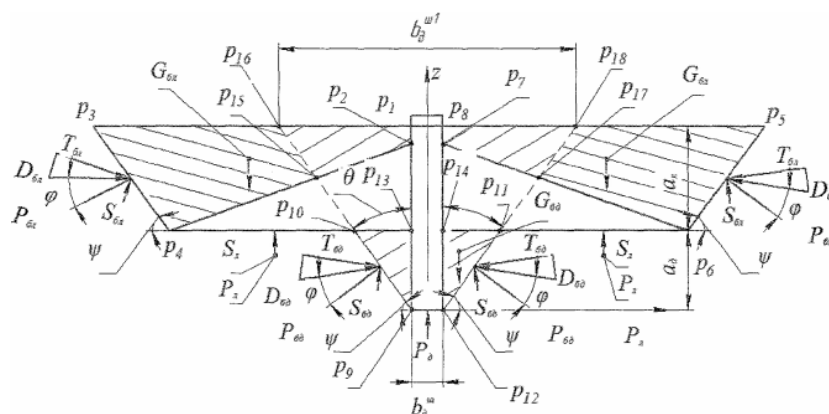


Рисунок 19 – расчетная схема по взаимодействию почвенного пласта с рабочим органом

$$R_{л.н} = \frac{(K_n \cos(45^\circ - 0,5\varphi) + C_n \cos(45^\circ - 0,5\varphi)) \cos(45^\circ + 0,5\varphi)}{(\sin \alpha_n + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_n) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_n + \operatorname{tg} \delta \sin \alpha_n) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)} + \quad (1.4.2)$$

$$+ \frac{(K_n \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + C_n \sin(45^\circ - 0,5\varphi) + G_n^1) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)}{(\sin \alpha_n + \operatorname{tg} \delta \cos \alpha_n) \cos(45^\circ + 0,5\varphi) + (\cos \alpha_n + \operatorname{tg} \delta \sin \alpha_n) \sin(45^\circ + 0,5\varphi)}$$

Исенов К.Г. предлагает осуществление раздельного внесения семян и удобрений при посеве, это производится за счет модернизации семенных

коробок и заделывающей части, наиболее применяемых в зоне Северного Казахстана сеялок культиваторов СЗТС -2.0. В его работе дается теоретическое обоснование влияния реакции тягового сопротивления при работе сошника в почве. Составлено уравнение:

$$R = G \cdot f + 3 \sqrt{\frac{D^4}{b \cdot q \cdot d^2} + n \cdot [h \cdot b \cdot (K_m + K_p + K_k) + 2h_1 \cdot b_1 \cdot (K_{1m} + K_{1p} + K_{1k})]}, \quad (1.4.5)$$

где  $h_1$  - глубина хода горизонтальной щеки, м;

$b_1$  - ширина захвата горизонтальной щеки, м;

$K_{1m} = 0,5 \cdot m_v \cdot A_\alpha \cdot A_1 \cdot \gamma \cdot h_1 \cdot g$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на преодоление давления почвенного пласта на клине, обусловленного силой тяжести, кН;

$K_{1p} = m_v \cdot A_\alpha \cdot A_1 \cdot C \cdot \cos\varphi$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на разрушение почвенного пласта, кН;

$K_{1k} = A_\psi \gamma_p \cdot v^2$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на сообщение и изменение направления скорости движения пласта по щекам сошник, кН.

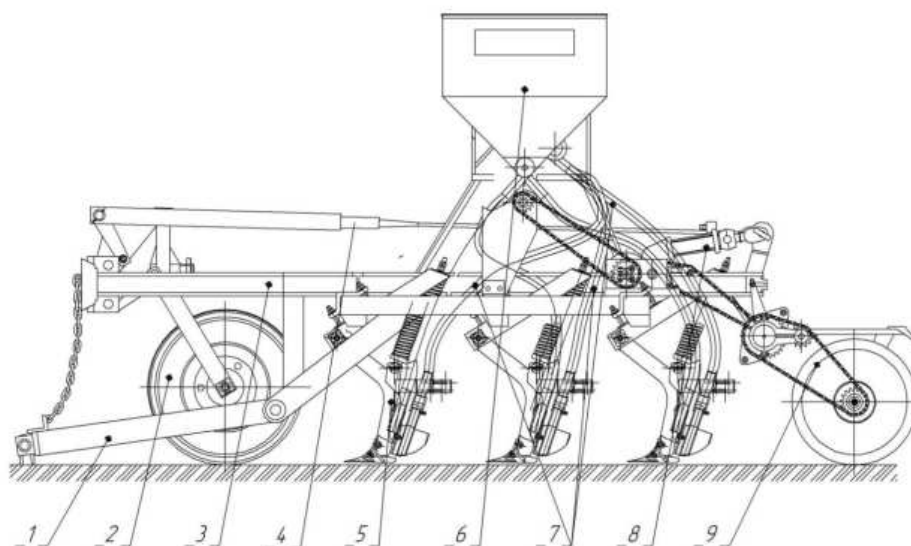


Рисунок 19 – Конструктивная схема стерневой зернутоковой сеялки с раздельным внесением семян и удобрений

Колинько А.А. в своей работе проводит теоретические исследования по применению вибрации при уплотнении семенного ложа для одновременной заделки семян и внесения удобрений с применением дискового и наральникового сошников [39]. Им предложена схема технологического процесса размещения семян над уровнем удобрений (20).

Для данной конструкции автором обосновано выражение по определению плотности семенного ложа, которое влияет на равномерность распределения семян в почве.

$$\rho = \frac{\gamma B_1}{B_1(1+\varepsilon_0) - \ln\left(\frac{P}{9,8 \cdot 10^4}\right)}. \quad (1.4.6)$$

где  $\gamma$  - удельная масса твёрдой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>;

$B_1$  - степень изменения во при нагрузке.

$\varepsilon_0$  — коэффициент пористости при соответствующей нагрузке  $9,8 \cdot 10^4$  Па;

$P$  – давление на почву, Па.

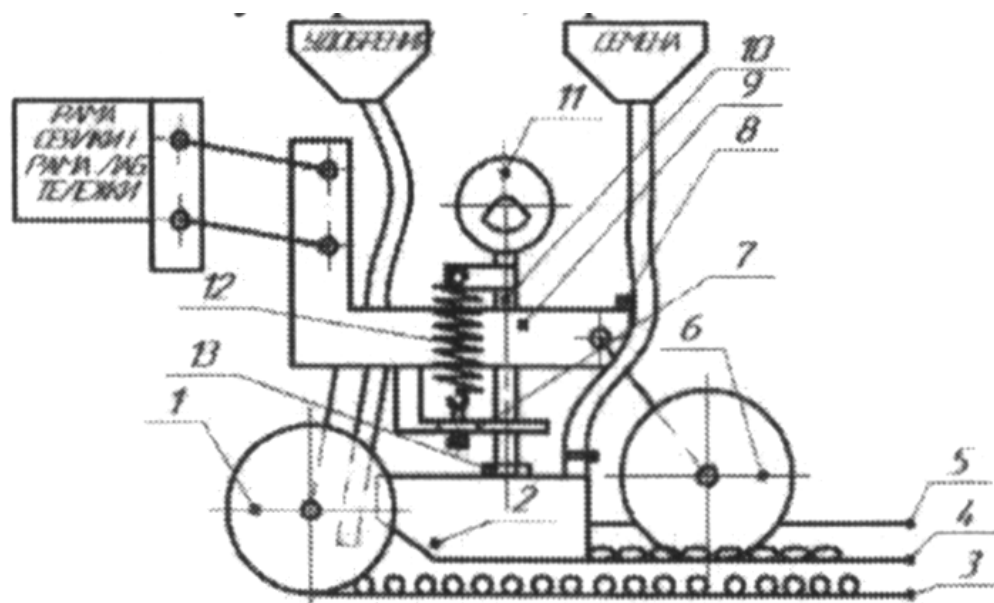


Рисунок 20 – Конструктивно-технологическая схема разноуровневой заделки семян и внесения удобрений: 1- двухдисковый сошник; 2- наральниковый сошник; 3- глубина заделки удобрений; 4- глубина заделки семян; 5 - поверхность почвы; 6 - прикатывающее колесо; 7 - регулировочный болт; 8 - фиксатор; 9 - корпус сошника; 10 - шток; 11 - дебалансный вибропривод; 12 - пружина растяжения; 13 - гайка регулировочная.

Из работы следует, что «для сильно сжимаемого чернозёма рекомендуется выбирать  $\varepsilon_0 = 0,75-0,85$ ;  $B_l = 5-10$ ;  $\gamma$  при глубине 0-20 см -  $2,4 \text{ г/см}^3$ » [39].

Пяткин А.А. в своей работе рассматривает устойчивость хода комбинированного сошника предназначенного для посева мелких семян трав [79].

Автор рассматривает устойчивость хода комбинированного сошника в зависимости от угла отклонения параллелограммной навески в вертикальной плоскости. Применение уравнения Лагранжа 2-го рода позволило разработать уравнение косинусоидальной зависимости отклонения угла  $\varphi$  параллелограммного механизма.

$$\varphi = \frac{R_x l \cos \varphi_0 - R_y l \sin \varphi_0 - G l \sin \varphi_0 + R_x H_1 + \frac{R_x + F_p \sin \alpha_1}{2} H_2 - G b -}{R_y l \cos \varphi_0 + R_x l \sin \varphi_0 + G l \cos \varphi_0} \cdot \left(1 - \cos \sqrt{\frac{R_y l \cos \varphi_0 + R_x l \sin \varphi_0 + G l \cos \varphi_0}{I_n}}\right) - \frac{F_p \cdot \cos \alpha_1 \cdot \frac{2}{3} l \cos \varphi + R_n \cdot (e + l \cdot \cos \varphi)}{R_y l \cos \varphi_0 + R_x l \sin \varphi_0 + G l \cos \varphi_0} \quad (1.4.7)$$

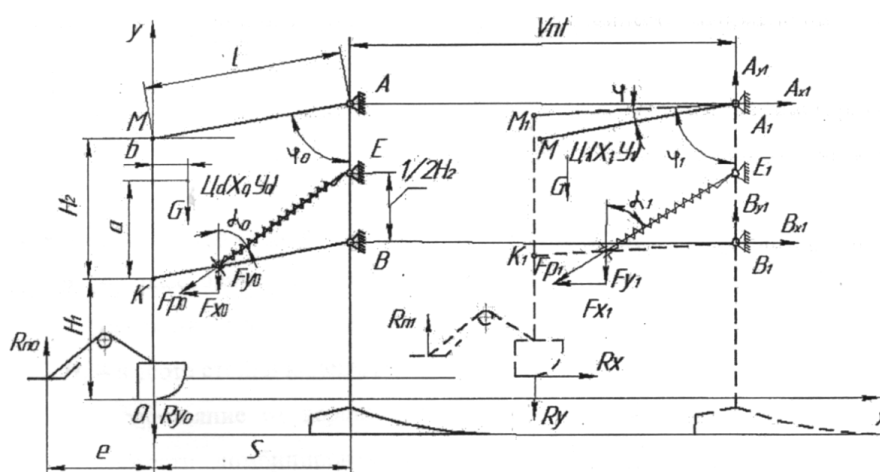


Рисунок 21 – Схема системы сил, действующих на комбинированный сошник сеялки культиватора:  $R_x$  и  $R_y$  – силы сопротивления почвы;  $G$  – силы тяжести комбинированного сошника;  $F_p$  – силы давления пружины нажимной штанги или добавочного груза;  $X_i$ ,  $Y_i$

Далее следует, «после подстановки данных в формулу получен угол отклонения параллелограммной навески в вертикальной плоскости  $\varphi$ , равный 3,5 град., что соответствует перемещению сошника в вертикальной плоскости по глубине

посева  $\pm 7$  мм, это отвечает агротехническим требованиям ( $\pm 10$  мм) посева семян многолетних трав» [79].

Габаевым А.Х. проведены исследования по устойчивости глубины хода бороздообразующего диска-сошника в условиях повышенной влажности почвы [12].

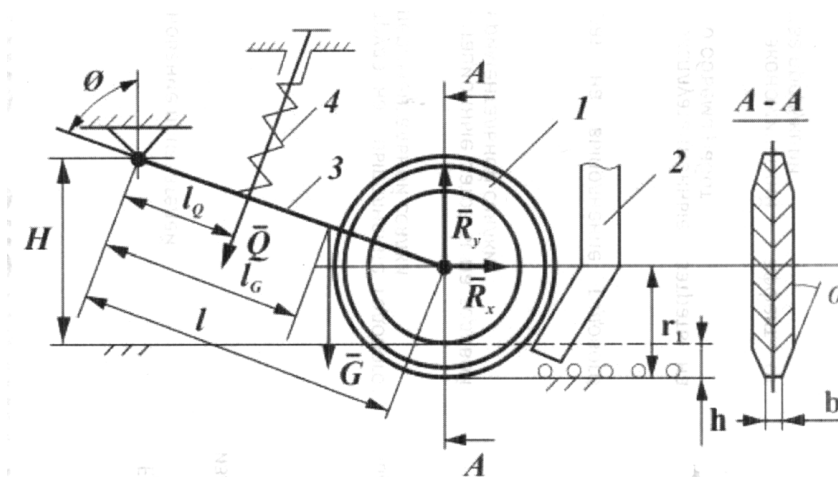


Рисунок 22 – Схема сил, действующих на бороздообразующее устройство:

- 1 - бороздообразующие накладки, 2 - направитель семян, 3 - поводок,  
4 - нажимная штанга с пружиной

Из рисунка видно, что при движении сошника на него действуют следующие силы (рис. 22):

$G$  – сила тяжести, Н;

$R_x, R_y$  – вертикальная и горизонтальная составляющие реакции почвы, Н;

$Q$  – сила напряжения пружины, Н;

$l, l_Q, l_G$  – расстояния от оси подвеса до точек приложения сил, м;

$H$  – высота подвеса сошника, м;

$h$  – глубина хода сошника, м;

$\varphi$  – угол отклонения поводка от вертикали;

$r_1$  – радиус сошника, м

Отсюда глубина хода сошника имеет вид:

$$h = l \cos \varphi - H + r_1 \quad (1.4.8)$$

при работе сошник будет испытывать внешние воздействия в виде изменения реакции почвы  $R_x$  и  $R_y$ , зависящих от твердости почвы, и изменения высоты подвеса  $H$ , определяемой профилем поверхности поля.

Далее автор приводит следующее допущение «Представим  $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$ ,

где  $\varphi_0$  – угол заключенный между вертикалью и линией поводка в равновесном положении;  $\Delta\varphi$  – отклонение сошника от положения равновесия. Принимаем из малости  $\Delta\varphi$  – отклонение сошника от положения равновесия. Принимаем, из-за малости  $\Delta\varphi$ ,  $\cos \Delta\varphi = 1$ ;  $\sin \Delta\varphi = \Delta\varphi$ »

Дальнейшее преобразование уравнения колебания сошника и решение дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами приводит к утверждению, чем больше масса сошника и величина жесткости пружины, тем устойчивее движется сошник.

После преобразование было получено уравнение:

$$h = h_0 - \Delta\varphi \sqrt{l^2 - (h_0 + H - r_1)^2}, \quad (1.4.9)$$

где  $h$  – глубина хода сошника в равновесном положении,

Далее получено выражение максимального угла отклонения поводка:

$$\Delta\varphi_{\max} = \Delta\varphi + \Delta\varphi_0 = \Delta\varphi + \frac{Q_0 - Q_{np}}{l_0 k_n}. \quad (1.4.10)$$

где  $Q_0$  – усилие сжатия пружины, необходимое для заглубления сошника на глубину  $h_0$ , Н;

$\Delta\varphi$  – начальный угол отклонения поводка, град.;

$\Delta\varphi_0$  – угол отклонения поводка из условия статического равновесия

$Q_{np}$  – усилие предварительного сжатия пружины, Н;

$l_0$  – длина поводка, м;

$k_n$  – жесткость пружины, Н/м;

Далее из работы следует, что «из зависимости (1.4.10) видно, что с возрастанием  $Q_{np}$  уменьшается  $\Delta\varphi_{\max}$ . Таким образом, чтобы уменьшить

колебания сошника нужно увеличить усилие предварительного сжатия пружины» [12].

В работе Сарсенова А.Е. рассмотрен вопрос устойчивости хода дискового сошника с прижимной пластиной [92].

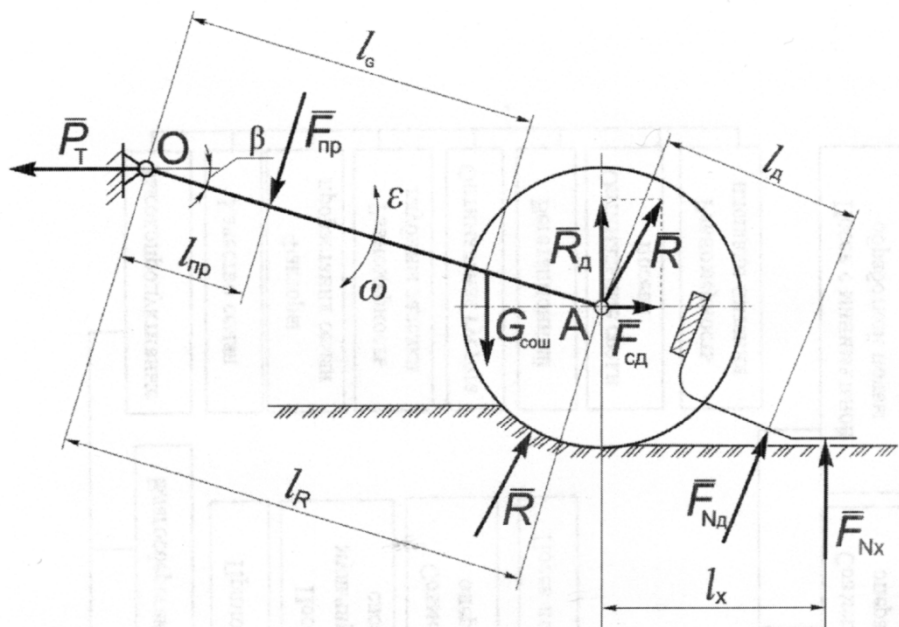


Рисунок 23 – Схема к определению устойчивости хода сошника

Автором «в качестве критерия устойчивости движения сошника принято постоянство угла наклона поводка  $\beta$ , которое будет обеспечено при минимизации колебаний сошника». Из работы следует, что «с учетом того, что в процессе посева регламентируется максимальное значение отклонения от глубины посева семян, а максимальное значение функции  $f(t) = \sin(\omega t - \psi)$  равно единице, выражение для определения максимального значения отклонения глубины посева семян можно записать в виде:

$$\Delta y_{\max} = \frac{(m_0 \omega - k_4) y_1}{m_0 \sqrt{(k_1 + k_2 + k_4 - m_0 \omega^2)^2 + (c_1 \omega)^2}} \quad (1.4.11)$$

где

$k_1$  - коэффициент пропорциональности изменения позиционной силы  $R$ , обусловленный действием почвы на сошник;

$k_2$  - коэффициент пропорциональности изменения позиционной силы  $R$ , обусловленный действием почвы на прижимную пластину;

$k_4$  – коэффициент механизма заглубления сошника;

$c_1$  - коэффициент демпфирования;

$\omega$  - угловая частота,  $c^{-1}$ ;

$y_1$  – амплитуда неровностей поверхности почвы, м;

$m_0$  - обобщенная масса системы

В работе отражено, что «по полученным аналитическим зависимостям построены номограммы для определения амплитуды колебаний сошника  $y$ . Проведенный анализ устойчивости хода сошника в процессе работы позволил определить, что установка прижимной пластины приводит к уменьшению амплитуды колебаний сошника в вертикальной плоскости и, как следствие, к снижению неравномерности заделки семян по глубине на 5,7...16,5 %» [92].

В статье Мачнева А.В. представлена конструкция комбинированного сошника для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур, который включает стойку, рыхлительный зуб с кроншейном, семятукопровод, стрелчатую лапу и распределитель семян [52]. Рассматриваются параметры движения комбинированного сошника в поперечном направлении в зависимости от жесткости механизма и массы деталей с учетом сил, действующих на этот механизм. Приводится уравнение, описывающее закон движения рыхлительного зуба при колебаниях механизма.

$$y = Ae^{-mt} \sin(k_1 t + \alpha) + B \sin(pt - \beta), \quad (1.4.12)$$

где  $y$  - отклонение рыхлительного зуба от положения равновесия, м;

$A$  – наибольшая амплитуда затухающих колебаний, м;

$k_1$  – круговая частота затухающих колебаний,  $c^{-1}$ ;

$\alpha$  – начальная фаза затухающих колебаний, рад;

$B$  – амплитуда вынужденных колебаний, м;

$\beta$  – начальная фаза вынужденных колебаний, рад

В статье отражено, что «уравнение (1.4.12) описывают закон движения рыхлительного зуба комбинированного сошника и показывают отклонение

рыхлительного зуба от прямолинейного направления движения. Это движение следует учитывать при определении параметров сошника, т. к. колебательное движение вызывает дополнительную нагрузку на сошник, но в то же время способствует улучшению распределения семян по полю» [52].

Следует отметить, что уравнение 13 выражает синусоидальную зависимость отклонения рыхлительного зуба от его прямолинейного направления движения.

### **Выводы по главе**

1. Анализ конструкций сошников и посевных машин для послойного посева семян и внесения удобрений показывает, что часть работ посвящены определению эксплуатационных и конструктивных параметров сошника. В другой части исследований данный вопрос рассматривается с точки зрения устойчивости движения сошника в зависимости от угла отклонения поводка относительно вертикальной плоскости. Авторами разработаны косинусоидальные, синусоидальные и другие зависимости, характеризующие угол отклонения поводкового механизма подвески сошника от равновесного положения, который влияет на неравномерность глубины заделки семян в рамках агротехнических требований ( $\pm 1$  см) для глубины хода сошника 6...8 см. Однако не полностью исследованы вопросы разработки аналитической зависимости, связывающей устойчивость движения сошника с подвеской параллелограмного типа в условиях сухостепной зоны Республики Бурятия.

2. Рассматриваемые сошники имеют сложную конструкцию, недостатками является залипание рабочих органов, перемешивание слоев почвы.

3. Создание и совершенствование конструкций сошников для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян является актуальной задачей.

### **1.5. Постановка проблемы, цель работы и задачи исследования**

Постановка проблемы соединяет два момента. Во-первых, обнаружения неполноты сложившегося знания:

-недостаточно аналитических зависимостей, связывающих устойчивость движения по глубине комбинированного сошника с параллелограммной подвеской.

- поиск оптимальных значений параметров сошника, обеспечивающего устойчивость движения по глубине, когда аналитическое выражение неизвестно.

Во-вторых, подход к способу преодоления этой неполноты:

- использование основных положений законов и методов классической механики и математического анализа;

- Применение планирования эксперимента, который при проведении исследований эксперимент управляется с помощью математических методов.

**Цель исследования.** Повышение эффективности возделывания зерновых культур за счет устойчивости хода сошника по глубине, осуществляющего посев с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Задачи исследования:**

- 1.Обосновать подпочвенный полосовой посев семян зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян.
2. Разработать математическую модель устойчивости движения комбинированного сошника с параллелограммной подвеской.
3. Разработать и обосновать основные параметры комбинированного сошника с параллелограммной подвеской.
4. Провести производственную проверку и определить экономическую эффективность использования экспериментальной сеялки.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА

### 2.1. Выбор и обоснование конструктивно-технологических схемы сошника подпочвенного полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян.

Подвеска, применяемая в сеялках имеет простую конструкцию, включающую двухповодковый механизм, который жестко закреплен с сошником (рис. 2.1).

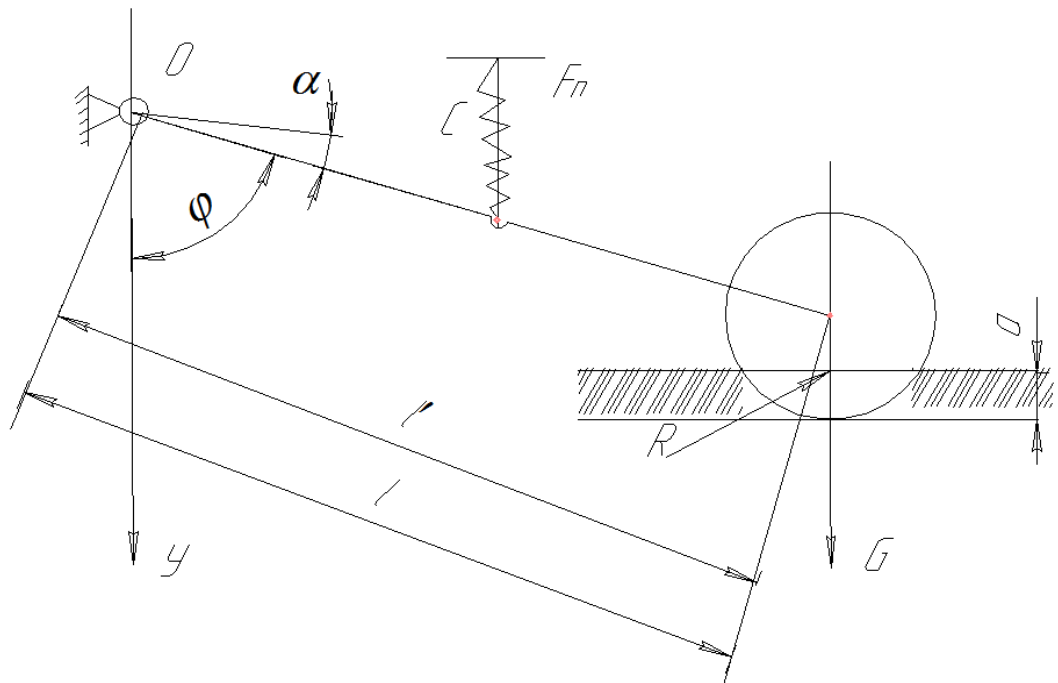


Рисунок 2.1 – Схема двухповодковой (радиальной) подвески

Заглубление происходит с применением груза или пружины. При работе сеялки возникают колебания сошника из-за неравномерной плотности и неровностей поверхности поля. Для оценки работы сошника под действием указанных возмущений составим дифференциальные уравнения движения системы, рассмотрев упрощенную схему, в которой сила сопротивления почвы и усилие заглубляющей пружины направлены перпендикулярно поводку

$$a^n + \omega^2 a = \frac{(R - P_0)l' - G \sin a_0 l_1}{I} = \frac{\Delta R l'}{I} \quad (2.1)$$

где

$$\omega_c^2 = \frac{Cl^2 + G \cos a_0 l_1}{I}$$

отсюда  $I$  – момент инерции массы сошника относительно точки  $O$ ;  $P_0$  – сила предварительного сжатия пружины;

$$\Delta R = R - P_0 = \frac{G \sin a_0 l_1}{l'} \quad (2.2)$$

В установившемся режиме

$$R = P_0 + \frac{G \sin a_0 l_1}{l'} \quad (2.3)$$

Примем, что разность действующих сил изменяется по закону единичного толчка с ординатой  $\Delta R$ . Тогда решение уравнения (1) при нулевых начальных условиях

$$a = \frac{\Delta R l'}{Cl^2 + Gl_1 a_0} (1 - \cos \omega_c t) \quad (2.4)$$

Максимальное значение угла отклонения

$$a_{\max} = \frac{2\Delta R}{Cl + G \frac{l_1}{l'} \cos a_0} \quad (2.5)$$

Наибольшее перемещение центра тяжести сошника

$$y_{\max} = \frac{2\Delta R}{C \frac{l'}{l_1} + \frac{G}{l'} \cos a_0} \quad (2.6)$$

Анализ полученных выражений показывает, что устойчивость хода сошника повышается (уменьшается  $y_{\max}$ ) с увеличением жесткости пружины и его веса; предварительное сжатие пружины  $P_0$  уменьшает избыточную силу  $\Delta R$ , а следовательно и выглубление сошника; чем длиннее поводок тем выше устойчивость хода сошника.

При значительном увеличении  $l'$  можно предположить  $l' = l = l_1$ . Тогда уравнения принимают вид:

$$a = \frac{\Delta R (1 - \cos \omega_c t)}{Cl^2 + Gl \cos a} \quad (2.7)$$

$$a_{max} = \frac{2\Delta R}{Cl + G\cos\alpha_0} \quad (2.8)$$

$$y_{max} = \frac{2\Delta R}{C + \frac{G}{l}\cos\alpha_0} \quad (2.9)$$

что соответствует движению сошника с четырехповодковой (параллелограммной) подвеской. Действительно рассмотрев систему, показанную на рисунке 2.2, получим дифференциальное уравнение

$$Mla'' + Cl_a + G\sin(\alpha_0 + a) = R - P_0 \quad (2.10)$$

Решение уравнения дает такие же значения  $a$ ,  $a_{max}$  и  $y_{max}$  как в выражениях (2.7), (2.8), и (2.9)

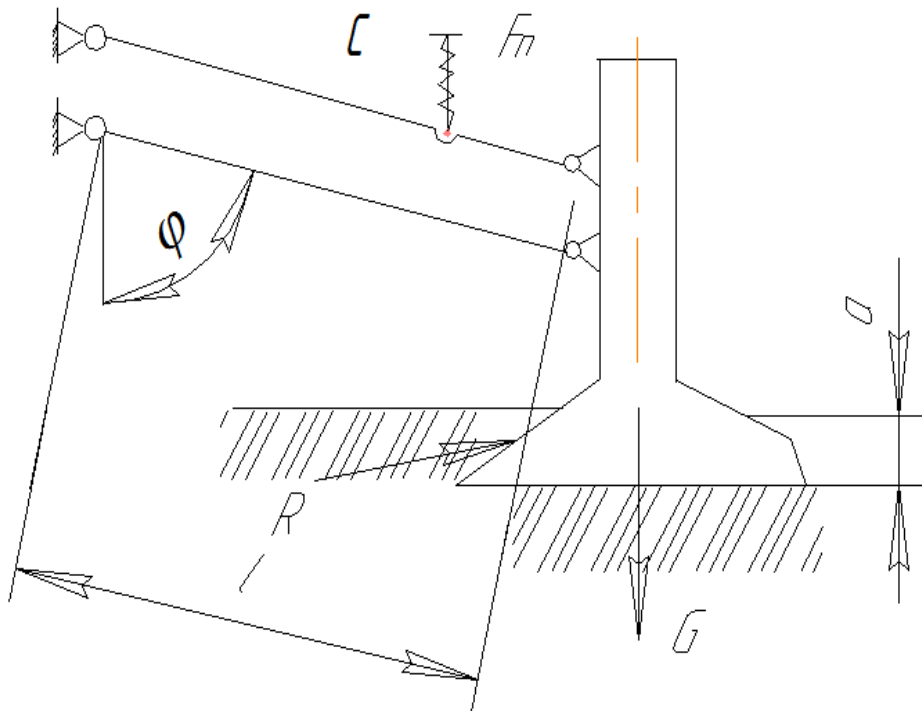


Рисунок 2.2 – Схема четырехповодковой (параллелограммой) подвески

Таким образом, подвеска параллелограммного типа обеспечивает более высокую устойчивость глубины хода сошника. Кроме того, она позволяет ему перемещаться с неизменным углом атаки, что особенно важно для сошников с удлиненными поводками.

При наезде на неровности почвы подвеска должна давать возможность сошнику отклониться от прямолинейного движения и описать траекторию, эквидистантную профилю неровности. Следовательно, необходимо чтобы система имела невысокую устойчивость (небольшая жесткость пружины, вес сошника и предварительное сжатие пружины), что противоречит требованию, изложенному выше.

Без специальных мер одна и та же подвеска не сможет одновременно отвечать обоим требованиям. Так, если по условиям устойчивости прямолинейного движения выбрать жесткую пружину с большим предварительным сжатием ( $P_0 > R_{max}$ , где  $R_{max}$  – максимальное воздействие сошника на почву), то сошник будет чрезмерно заглубляться. Такой недостаток можно устранить лишь путем установки специального устройства.

В настоящее время все большее распространение получает подпочвенно-разбросной посев, который позволяет совместить предпосевную обработку почвы с посевом, улучшить равномерность обеспечения растений продуктами питания и влагой, сократить сроки посевной кампании и затраты труда. Эффективность подпочвенно-разбросной посева заключается в повышении не только урожайности зерновых культур на 10-20 % за счет улучшения условий развития растений, но и противозерозионной устойчивости посевов [22, 23]. На кафедре «Механизации сельскохозяйственных процессов» Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова проведены работы по разработке конструкции сошника для способа посева семян и внесения удобрений ниже уровня посева семян (рис. 2.3) [33, 71]. Лаповый сошник содержит стрелчатую лапу 1 прикрепленную к стойке 2, туконаправитель 3, направитель семян 4, нож туконаправителя 5, скатную пластину 6. Нож туконаправителя имеющий форму клина, подрезает слой почвы, образует ложе для удобрения расположенного ниже уровня семян. В подлаповом пространстве туконаправитель установлен так, чтобы удобрения можно располагать ниже слоя посева семян.

При движении комбинированного сошника сеялки-культиватора для посева семян зерновых культур стрелчатая лапа 1 со стойкой 2, семяпроводом 3 и распределителем семян 4 заглубляется на глубину 6...8 см, где происходит рыхление почвы и подрезание сорняков. При этом из бункера посевного агрегата по семяпроводам 4 на эту же глубину подаются семена зерновых, которые равномерно с помощью распределителя семян 6 высеваются по всей ширине захвата стрелчатой лапы 9, тем самым обеспечивается площадь питания растений, близкая оптимальной. В это же время из второго отделения бункера через тукопроводы 3 удобрения поступают к ножу-туконаправителю 5 и через отверстие высыпаются в образованную борозду ниже уровня семян. Устойчивость движения комбинированного сошника по глубине заделки семян зависит от угла отклонения поводка сошника, от значений высоты подвеса параллелограммного механизмом навески и длины поводков.

Глубину заделки семян регулируют винтовым механизмом и гидроцилиндром путем перемещения рамы относительно опорно-копирующих колес посевного агрегата. Конструкция предлагаемого комбинированного сошника для посева семян зерновых культур позволяет значительно увеличить равномерность заделки семян по глубине, создать им наиболее оптимальные условия для произрастания, что позволяет повысить урожайность.

Таким образом, разработанная конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника обеспечивает продольную устойчивость его хода по глубине.

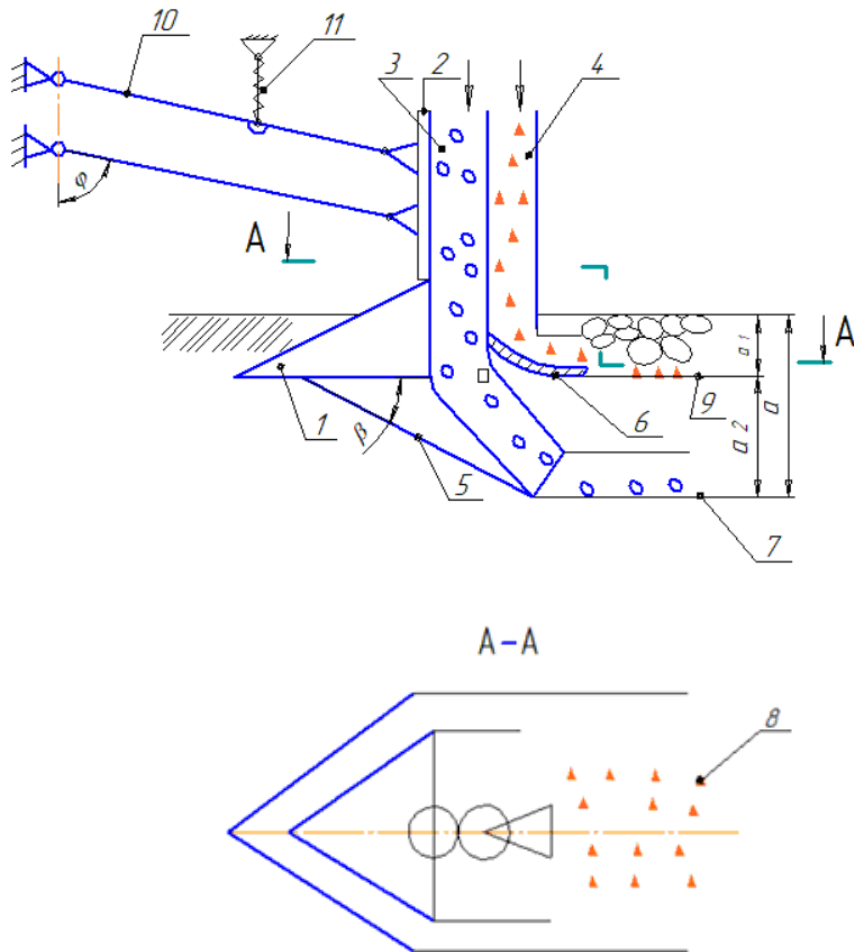


Рисунок 2.3 – Комбинированный сошник

1 – лапа стрельчатая; 2-стойка; 3-туконаправитель; 4-направитель семян; 5- нож туконаправителя; 6-скатная пластина; 7- слой внесения удобрений; 8- семена; 9-слой посева семян; 10-поводок параллелограммного механизма; 11 -пружина

## 2.2. Теоретические предпосылки устойчивости движения комбинированного сошника с параллелограммной подвеской

Система сошника представляется поводком, который одним концом шарнирно укреплен на горизонтальном брус, а на другом конце несет жестко приделанный сошник. Таким образом, система сошника является телом, свободно вращающимся около горизонтальной оси, параллельной поводковому брус, иными словами, телом с одной степенью свободы. Сошник, вообще говоря, не

имеет основания и опирается на одну точку; следовательно, реакция опоры и сопротивление почвы в этой точке неотделимы.

В основном исследователи по данной тематике отмечают, что общее сопротивление сошника зависит от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы и рассматривают технологический процесс взаимодействия сошника с почвой. Вместе с тем устойчивость хода комбинированного сошника по глубине заделки семян является важной составляющей [77, 78, 87].

Устойчивость хода сошников по глубине при постоянной поступательной скорости сеялки зависит от длины поводка, веса сошника, угла наклона поводка и не зависит от скорости поступательного движения сеялки. Объектом исследования является комбинированный сошник с параллелограммным механизмом навески, установленный на сеялке-культиваторе.

Принимая во внимание симметричную форму сошника относительно продольно вертикальной плоскости, можно отметить, что действие сил сопротивления справа и слева приводит к одной равнодействующей  $R$ , располагающейся в плоскости симметрии сошника. Такое заключение справедливо лишь, когда сошник работает в однородной по составу и по состоянию почве; в противном случае неизбежно одностороннее воздействие, не уравновешенное с другой стороны. И так, при работе в однородной почве в силу симметричной формы сошника все три указанные силы  $G$ ,  $F$  и  $R$  можно считать расположенными в одной плоскости, а следовательно, сводящимися к одной равнодействующей (рис. 2.4)

Сошник находится в равновесии при выполнении следующего условия:

$$R + m + G + h + F_n = 0; \quad (2.2.1)$$

где  $R$  – равнодействующая всех сил сопротивления, приложенных к сошнику;

$G$  – сила тяжести сошника вместе с поводком;

$F_n$  – сила давления пружины на поводок;

$l, l/2$  – плечи сил  $R, G$  и  $F_n$  относительно оси вращения

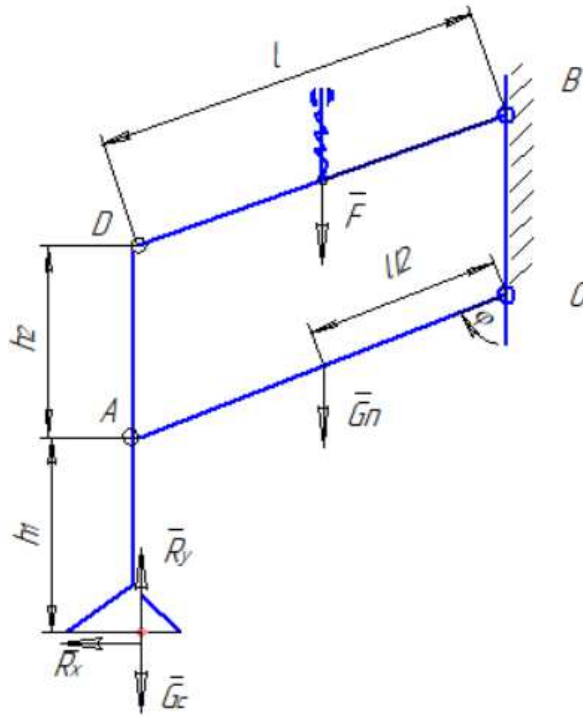


Рисунок 2. 4 – Схема действующих сил на сошник комбинированный

При движении лапового сошника в почве возникают силы, которые оказывают влияние на устойчивое движение (рис. 2.4):

- $G_c$  – сила тяжести сошника;
- $G_{II}$  – сила тяжести поводков;
- $F$  – сила нажатия пружины;

$R = R_x + R_y$  – сила сопротивления почвы на сошник

Данные силы во время движения должны быть в равновесии. Из всех сил, действующих на сошниковую систему силы  $R_x$  и  $R_y$  претерпевают значительные изменения. Они оказывают влияние на отклонение рабочего органа во время работы. Отклонения рабочего органа возникает как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. Рассмотрим факторы, влияющие на отклонение рабочего органа относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей [52, 53, 86, 89, 92, 93].

Кинетическая энергия системы состоит из кинетической энергии сошника и кинетической энергии поводка

$$T = T_c + T_n \quad (2.2.2)$$

Данные значения определяются по формулам

$$T_c = m_c \frac{V_c^2}{2} - \text{кинетическая энергия сошника}; \quad (2.2.3)$$

$$T_n = J_n \frac{\omega_n^2}{2} - \text{кинетическая энергия поводка}; \quad (2.2.4)$$

$V_c$  – скорость центра масс сошника; Скорость центра масс сошника определится по формуле:  $V_c = \sqrt{V_{cx}^2 + V_{cy}^2}$  (рис.2.5)

где  $V_{cx}$  – проекция скорости ц.масс сошника на ось X;

$V_{cy}$  – проекция скорости ц.масс сошника на ось Y;

Рассмотрим определение скорости ц.масс сошника относительно осей проекций

Проекция скорости ц.масс сошника на ось X –

$$V_{cx} = V_{\Pi} - V_A \cos \varphi = V_{\Pi} - \omega_{\Pi} \cdot l \cos \varphi = V_{\Pi} - \dot{\varphi} \cdot l \cos \varphi \quad (2.2.5)$$

Проекция скорости ц.масс сошника на ось Y –

$$V_{cy} = V_A \sin \varphi = \dot{\varphi} \cdot l \sin \varphi$$

$$V_c^2 = V_{cx}^2 + V_{cy}^2 = (V_{\Pi} - \dot{\varphi} \cdot l \cos \varphi)^2 + (\dot{\varphi})^2 l^2 \sin^2 \varphi = V_{\Pi}^2 - 2V_{\Pi} \cdot \dot{\varphi} \cdot l \cos \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2 \cos^2 \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2 \sin^2 \varphi =$$

$$= V_{\Pi}^2 - 2V_{\Pi} \dot{\varphi} l \cos \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = V_{\Pi}^2 - 2V_{\Pi} \dot{\varphi} l \cos \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2;$$

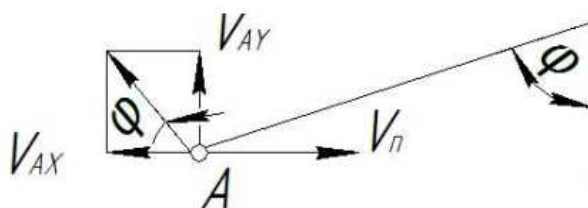


Рисунок 2.5 – Проекция скоростей

Кинетическая энергия поводка:

$$T_{\Pi} = J_{\Pi} \frac{(\dot{\varphi})^2}{2} = \frac{m_{\Pi} l^2}{6} (\dot{\varphi})^2 \quad (2.2.7)$$

где  $J_{\Pi}$  – момент инерции поводка относительно оси подвеса;

Момент инерции определится по формуле:

$$J_{\Pi} = \frac{m_{\Pi} l_{\Pi}^2}{12} + m_{\Pi} \left( \frac{l}{2} \right)^2 = \frac{m_{\Pi} l^2}{3} \quad (2.2.8)$$

Кинетическая энергия сошника:

$$T_c = \frac{m_c V_c^2}{2} = \frac{m_c}{2} (V_{\Pi}^2 - 2V_{\Pi} \dot{\varphi} \cdot l \cos \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2); \quad (2.2.9)$$

Кинетическая энергия системы запишется в виде:

$$T = T_c + 2T_{\Pi} = \frac{m_c}{2} [V_{\Pi}^2 - 2V_{\Pi} \dot{\varphi} \cdot l \cos \varphi + (\dot{\varphi})^2 l^2] + J_{\Pi} (\dot{\varphi})^2; \quad (2.2.10)$$

$$\text{где } J_{\Pi} = \frac{m_{\Pi} l^2}{3} \text{ – приведенный момент инерции поводка}; \quad (2.2.11)$$

Находим частные производные

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{m_c}{2} 2V_{\Pi} \dot{\varphi} \cdot l \sin \varphi = m_c V_{\Pi} \dot{\varphi} \cdot l \sin \varphi \quad (2.2.12)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = -\frac{m_c}{2} 2V_{\Pi} l \cos \varphi + 2\dot{\varphi} \cdot l^2 \cdot \frac{m_c}{2} + \frac{2m_{\Pi} l^2}{3} \dot{\varphi} = -m_c V_{\Pi} l \cos \varphi + \dot{\varphi} \left( l^2 m_c + \frac{4}{3} m_{\Pi} l^2 \right); \quad (2.2.13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = m_c V_{\Pi} l \sin \varphi \cdot \dot{\varphi} + \ddot{\varphi} \left( l^2 m_c + \frac{4}{3} m_{\Pi} l^2 \right); \quad (2.2.14)$$

Воспользуемся уравнением Лагранжа 2-го рода

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi} \quad (2.2.15)$$

$$m_c V_{\Pi} l \sin \varphi \cdot \dot{\varphi} + \left( l^2 m_c + \frac{4}{3} m_{\Pi} l^2 \right) \cdot \ddot{\varphi} - m_c V_{\Pi} l \sin \varphi \cdot \dot{\varphi} = Q_{\varphi} \quad (2.2.16)$$

Приведем подобные члены и окончательно получим

$$\ddot{\varphi} \left( l^2 m_c + \frac{4}{3} m_{\Pi} l^2 \right) = Q_{\varphi} \quad (2.2.17)$$

где  $Q_{\varphi}$  – обобщенная сила;

Введем обозначение:

$$J_o = m_c l^2 + \frac{4}{3} m_{\Pi} l^2; \quad \text{тогда} \quad (2.2.18)$$

$$J_o \ddot{\varphi} = Q_{\varphi}$$

Обобщенная сила  $Q_{\varphi}$  равна сумме моментов сил действующих на сошниковую систему относительно т.О, навески сошника в функции угла поворота  $\varphi$ ;

Таковыми силами являются:

$G_c$  – сила тяжести сошника;

$G_{II}$  – сила тяжести поводка;

$F$  – сила нажатия пружины;

$R=R_x+R_y$  – сила сопротивления почвы на сошник;

Таким образом, правая часть уравнения (4) запишется для равновесного состояния системы соответствующее углу поворота поводка:

$$\varphi=\varphi_0$$

Отсюда следует:

$$Q_\varphi = \sum M_0(\bar{F}_{K\varphi}) = G_c l \sin \varphi_0 + 2G_{II} \frac{l}{2} \sin \varphi_0 + F \frac{l}{2} \sin \varphi_0 - R_x \cdot (H_1 + l \cos \varphi_0) - R_y l \sin \varphi_0; \quad (2.2.19)$$

Известно, что сошники в процессе движения сеялки отклоняются от своего равновесного положения, поводок сошника отклоняется на какой-то угол  $\Delta\varphi$ , соответственно моменты сил в уравнении (2.19) изменяет свое значение

Запишем следующее

$$\begin{aligned} \sum M_0(\bar{F}_{K\varphi}) = & G_c l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + G_{II} l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + F \frac{l}{2} \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) - \\ & - R_x [H_1 + l \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi)] - R_y l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi); \end{aligned} \quad (2.2.20)$$

Уравнение (2.20) примет вид

$$\begin{aligned} J_0 \ddot{\varphi} = & G_c l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + G_{II} l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) + F \frac{l}{2} \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) - R_x [H_1 + l \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi)] - \\ & - R_y l \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi); \end{aligned} \quad (2.2.21)$$

Преобразуем уравнение (2.21) используя формулы приведения

$$\begin{aligned} J_0 \ddot{\varphi} = & G_c l \sin \varphi_0 \cos \Delta\varphi + G_c l \sin \Delta\varphi \cos \varphi_0 + G_{II} l \sin \varphi_0 \cos \Delta\varphi + G_{II} l \sin \Delta\varphi \cos \varphi_0 + \\ & + F \frac{l}{2} \sin \varphi_0 \cos \Delta\varphi + F \frac{l}{2} \sin \Delta\varphi \cos \varphi_0 - R_x [H_1 + l \cos \varphi_0 \cos \Delta\varphi] + R_x [H_1 - l \sin \varphi_0 \sin \Delta\varphi] - \\ & - R_y l \sin \varphi_0 \cos \Delta\varphi - R_y l \cos \varphi_0 \sin \Delta\varphi; \end{aligned} \quad (2.2.22)$$

После некоторых преобразований получим

$$\begin{aligned} J_0 \ddot{\varphi} = & \left( G_c l \cos \varphi_0 + G_{II} l \cos \varphi_0 + F \frac{l}{2} \cos \varphi_0 + R_x l \sin \varphi_0 - R_y l \cos \varphi_0 \right) \sin \Delta\varphi + \\ & + \left( G_c l \sin \varphi_0 + G_{II} l \sin \varphi_0 + F \frac{l}{2} \sin \varphi_0 - R_x l \cos \varphi_0 - R_y l \sin \varphi_0 \right) \cos \Delta\varphi; \end{aligned} \quad (2.2.23)$$

Запишем значения в скобках через А и В

$$A = G_c l \cos \varphi_0 + G_{II} l \cos \varphi_0 + F \frac{l}{2} \cos \varphi_0 + R_x l \sin \varphi_0 - R_y l \cos \varphi_0; \quad (2.2.24)$$

$$B = G_c l \sin \varphi_0 + G_{II} l \sin \varphi_0 + F \frac{l}{2} \sin \varphi_0 - R_x l \cos \varphi_0 - R_y l \sin \varphi_0;$$

Перепишем уравнение (8) с учетом подстановки

$$J_0 \ddot{\varphi} = A \sin \Delta \varphi + B \cos \varphi \quad (2.2.25)$$

Обозначим для простоты приращение угла  $\Delta \varphi = \varphi$

$$J_0 \ddot{\varphi} = A \sin \varphi + B \cos \varphi \quad (2.2.26)$$

Выполнив преобразования, получим формулу

$$A = l \left[ \left( G_c + G_{II} + \frac{F}{2} - R_y \right) \cos \varphi_0 + R_x \sin \varphi_0 \right]$$

$$B = l \left[ \left( G_c + G_{II} + \frac{F}{2} - R_y \right) \sin \varphi_0 - R_x \cos \varphi_0 \right] \quad (2.2.27)$$

Далее запишем следующее

$$\varphi = \frac{1}{J_0} (A \sin \varphi + B \cos \varphi) \quad (2.2.28)$$

$$\frac{\dot{\varphi} d\dot{\varphi}}{d\varphi} = \frac{1}{J_0} (A \sin \varphi + B \cos \varphi)$$

$$\int \dot{\varphi} d\dot{\varphi} = \frac{1}{J_0} \int (A \sin \varphi + B \cos \varphi) d\varphi \quad \text{интегрируем}$$

$$\frac{(\dot{\varphi})^2}{2} = \frac{1}{J_0} \int (-A \cos \varphi + B \sin \varphi) + C \quad (2.2.29)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_0} (-A \cos \varphi + B \sin \varphi + C)$$

при  $t=0$   $\varphi=0$   $\dot{\varphi}=0$ ;

определим значение  $C$

$$C = \frac{2A}{J_0} \quad \text{перепишем}$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_0} (-A \cos \varphi + B \sin \varphi) + \frac{2A}{J_0} \quad (2.2.30)$$

т.к. угол  $\varphi$  – малый угол то  $\sin \varphi \approx \varphi$ ,  $\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

Решаем уравнение

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_0} \left[ -A \left( 1 - \frac{\varphi^2}{2} \right) + B \cdot \varphi + A \right] \quad (2.2.31)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_0} \left( -A + \frac{A\varphi^2}{2} + B \cdot \varphi + A \right) \quad (2.2.32)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_0} \left( \frac{A\varphi^2}{2} + B\varphi \right) \quad (2.2.33)$$

$$\dot{\varphi} = \sqrt{\frac{2}{J_0}} \sqrt{\frac{A\varphi^2}{2} + B\varphi} \quad (2.2.34)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{2}{J_0}} \sqrt{\frac{A}{2} \left[ \left( \varphi^2 + \frac{2B}{A}\varphi + \left( \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2 \right) \right]} = \sqrt{\frac{2}{J_0}} \sqrt{\frac{A}{2}} \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{2}{J_0}} \sqrt{\frac{A}{2} \left[ \varphi^2 + \frac{2B}{A}\varphi + \left( \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2 \right]} = \sqrt{\frac{2}{J_0}} \sqrt{\frac{A}{2}} \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2} \quad (2.2.35)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{A}{J_0}} \cdot \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2}$$

Находим t и интегрируем

$$dt = \sqrt{\frac{J_0}{A}} \cdot \frac{d\varphi}{\sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2}} \quad (2.2.36)$$

$$t = \sqrt{\frac{J_0}{A}} \int \frac{d\varphi}{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2} + c \quad (2.2.37)$$

$$t = \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left| \left( \varphi + \frac{B}{A} \right) + \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2} \right| + c \quad (2.2.38)$$

при t=0  $\varphi=0$

$$c = -\sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left| \frac{B}{A} \right| \text{ окончательно} \quad (2.2.39)$$

$$t = \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left| \left( \varphi + \frac{B}{A} \right) + \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2} \right| - \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left| \frac{B}{A} \right| \quad (2.2.40)$$

$$\ln \left| \left( \varphi + \frac{B}{A} \right) + \sqrt{\left( \varphi + \frac{B}{A} \right)^2 - \left( \frac{B}{A} \right)^2} \right| = \left( t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left| \frac{B}{A} \right| \right) \sqrt{\frac{A}{J_0}} \quad (2.2.41)$$

$$\left(\varphi + \frac{B}{A}\right) + \sqrt{\left(\varphi + \frac{B}{A}\right)^2 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} = \sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} \quad (2.2.42)$$

Обозначим:

$$\left(\varphi + \frac{B}{A}\right) = x \rightarrow x + \sqrt{x^2 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} = \sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} \quad \text{отсюда} \quad (2.2.43)$$

$$\sqrt{x^2 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} = \sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} - x \quad (2.2.44)$$

$$x^2 - \left(\frac{B}{A}\right)^2 = \frac{A}{J_0} e^{2\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} - 2\sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} + x^2 \quad (2.2.45)$$

Находим из уравнения (2.45) значение  $x$

$$x = 2\sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} = \frac{A}{J_0} e^{2\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} + \left(\frac{B}{A}\right)^2 \quad (2.2.46)$$

$$x = \frac{\frac{A}{J_0} e^{2\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} + \left(\frac{B}{A}\right)^2}{2\sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)}} \quad (2.2.47)$$

Сделаем обратную подстановку в выражение (2.2.47)

$$x = \left(\varphi + \frac{B}{A}\right) \quad (2.2.48)$$

$$\varphi + \frac{B}{A} = \frac{\frac{A}{J_0} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} + \left(\frac{B}{A}\right)^2}{2\sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)}}; \quad (2.2.49)$$

отсюда получим значение угла  $\varphi$

$$\varphi = \frac{\frac{A}{J_0} e^{2\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)} + \left(\frac{B}{A}\right)^2}{2\sqrt{\frac{A}{J_0}} e^{\left(t + \sqrt{\frac{J_0}{A}} \ln \left|\frac{B}{A}\right|\right)}} - \frac{B}{A}; \quad (2.2.50)$$

Подставив значения коэффициентов  $A$  и  $B$  в формулы (2.2.51 и 2.2.52) предварительно их упростив, получим

$$A = l \left[ \left( G_c + G_{II} + \frac{F}{2} - R_y \right) \cos \varphi_0 + R_x \sin \varphi_0 \right]; \quad (2.2.51)$$

$$B = l \left[ \left( G_c + G_{II} + \frac{F}{2} - R_y \right) \sin \varphi_0 - R_x \cos \varphi_0 \right]; \quad (2.2.52)$$

Далее определим

$$M = Gl \sin(\varphi_o + \Delta\varphi) - R_Y l \sin(\varphi_o + \Delta\varphi) - R_X l \cos(\varphi_o + \Delta\varphi) - R_X l \cos(\varphi_o + \Delta\varphi) - R_X H_1 \quad (2.2.53)$$

Используя формулы приведения получим

$$M = Gl(\sin \varphi_o \cos \Delta\varphi + \sin \Delta\varphi \cos \varphi_o) - R_Y l(\sin \varphi_o \cos \Delta\varphi + \sin \Delta\varphi \cos \varphi_o) - R_X l(\cos \varphi_o \cos \Delta\varphi - \sin \varphi_o \sin \Delta\varphi) - R_X H_1 \quad (2.2.54)$$

Сгруппируем

$$M = (Gl \sin \varphi_o - R_Y l \sin \varphi_o - R_X \cos \varphi_o) \cos \Delta\varphi + (Gl \cos \varphi_o - R_Y l \cos \varphi_o + R_X l \sin \varphi_o) \sin \Delta\varphi - R_X H_1 \quad (2.2.55)$$

Преобразуем и упростим

$$M = l[(G - R_Y) \sin \varphi_o - R_X \cos \varphi_o] \cos \Delta\varphi + l[(G - R_Y) \cos \varphi_o + R_X \sin \varphi_o] \sin \Delta\varphi - R_X H_1 \quad (2.2.56)$$

Подставим в уравнение

$$J_o \ddot{\varphi} = l[(G - R_Y) \sin \varphi_o - R_X \cos \varphi_o] \cos \Delta\varphi + l[(G - R_Y) \cos \varphi_o + R_X \sin \varphi_o] \sin \Delta\varphi - R_X H_1 \quad (2.2.57)$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} A &= l[(G - R_Y) \sin \varphi_o - R_X \cos \varphi_o] \\ B &= l[(G - R_Y) \cos \varphi_o + R_X \sin \varphi_o] \\ E &= R_X \cdot H_1 \end{aligned} \quad (2.2.58)$$

тогда

$$J_o \cdot \ddot{\varphi} = A \cos \Delta\varphi + B \sin \Delta\varphi - E \quad (2.2.59)$$

обозначим  $\varphi = \Delta\varphi$ , тогда

$$J_o \ddot{\varphi} = A \cos \varphi + B \sin \varphi - E \quad (2.2.60)$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{J_o} (A \cos \varphi + B \sin \varphi - E) \quad \text{интегрируем}$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} (A \sin \varphi - B \cos \varphi - E\varphi) + C_1 \quad (2.2.61)$$

при  $t=0$ ;  $\varphi=0$ ;  $\dot{\varphi}=0$

$$C = \frac{2B}{J_o} \quad (2.2.62)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} (A \sin \varphi - B \cos \varphi - E\varphi) + \frac{2B}{J_o} \quad \text{или} \quad (2.2.63)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} (A \sin \varphi - B \cos \varphi - E\varphi + B) \quad (2.2.64)$$

Если угол  $\varphi$  – малый, то  $\sin \varphi \approx \varphi$ ;  $\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} \left[ A\varphi - B\left(1 - \frac{\varphi^2}{2}\right) - E\varphi + B \right] \quad (2.2.65)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} \left( A \cdot \varphi - B + \frac{B\varphi^2}{2} - E \cdot \varphi + B \right) \quad (2.2.66)$$

$$(\dot{\varphi})^2 = \frac{2}{J_o} \left[ (A - E)\varphi + \frac{B}{2}\varphi^2 \right] \quad (2.2.67)$$

$$\dot{\varphi} = \sqrt{\frac{2}{J_o}} \sqrt{(A - E)\varphi + \frac{B}{2}\varphi^2} \quad (2.2.68)$$

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} &= \sqrt{\frac{2}{J_o} \cdot \frac{B}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{B} (A - E)\varphi + \varphi^2 + \left(\frac{A - E}{B}\right)^2 - \left(\frac{A - E}{B}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\frac{B}{J_o}} \sqrt{\left[\varphi + \left(\frac{A - E}{B}\right)\right]^2 - \left(\frac{A - E}{B}\right)^2} \end{aligned} \quad (2.2.69)$$

Обозначим:

$$a = \frac{A - E}{B} \quad (2.2.70)$$

$$\dot{\varphi} = \sqrt{\frac{B}{J_o}} \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} \quad (2.2.71)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{B}{J_o}} \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} \quad (2.2.72)$$

$$dt = \sqrt{\frac{J_o}{B}} \frac{d\varphi}{\sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2}} \quad \text{интегрируем} \quad (2.2.73)$$

$$t = \sqrt{\frac{J_o}{B}} \ln \left| (\varphi + a) + \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} \right| + C_2 \quad (2.2.74)$$

$$\text{при } t=0, \varphi=0 \quad C_2 = -\sqrt{\frac{J_o}{B}} \ln|a| \quad (2.2.75)$$

$$t = \sqrt{\frac{J_o}{B}} \left[ \ln \left| (\varphi + a) + \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} \right| - \ln |a| \right] \quad \text{или} \quad (2.2.76)$$

$$t = \sqrt{\frac{B_o}{J_o}} \ln \left| \frac{(\varphi + a) + \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2}}{a} \right| \quad (2.2.77)$$

$$(\varphi + a) + \sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} = a \cdot e^{\sqrt{\frac{B}{J_o}} t} \quad (2.2.78)$$

$$\sqrt{(\varphi + a)^2 - a^2} = a e^{\sqrt{\frac{B}{J_o}} t} - (\varphi + a) \quad (2.2.79)$$

$$(\varphi + a)^2 - a^2 = a^2 \cdot e^{2\left(\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t\right)} - 2(\varphi + a) \cdot a \cdot e^{\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t} + (\varphi + a)^2 \quad (2.2.80)$$

находим угол  $\varphi$

$$2(\varphi + a) \cdot a e^{\sqrt{\frac{B}{J_o}} t} = a^2 \cdot e^{2\left(\sqrt{\frac{B}{J_o}} t\right)} + a^2 \quad (2.2.81)$$

$$\varphi + a = \frac{a^2 \left[ e^{2\left(\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t\right)} + 1 \right]}{2 \cdot a \cdot e^{\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t}} \quad (2.2.82)$$

$$\varphi = \frac{a \left[ e^{2\left(\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t\right)} + 1 \right]}{2 \cdot e^{\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t}} - a \quad (2.2.83)$$

После обратной подстановки:  $a = \frac{A - E}{B}$

$$\varphi = \left( \frac{A - E}{B} \right) \frac{\left[ e^{2\left(\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t\right)} + 1 \right]}{2 \cdot e^{\sqrt{\frac{B_o}{J_o}} t}} - \left( \frac{A - E}{B} \right) \quad \text{окончательно} \quad (2.2.84)$$

$$\varphi = \left( \frac{A-E}{B} \right) \left\{ \frac{\left[ e^{2\left(\sqrt{\frac{B_0}{J_0}}\right)} + 1 \right]}{2 \cdot e^{\sqrt{\frac{B_0-t}{J_0}}}} - 1 \right\} \quad (2.2.85)$$

более конкретно

$$\varphi = \left( \frac{A-E}{B} \right) \left\{ \frac{\left[ e^{2\left(\sqrt{\frac{B_0-t}{J_0}}\right)} + 1 \right]}{2 \cdot e^{\sqrt{\frac{B_0-t}{J_0}}}} - 1 \right\} \quad (2.2.86)$$

Выражение (2.2.86) характеризует экспонентную зависимость угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения ( $\varphi_0$ ), который определяется экспериментальным путем с учетом значений высоты подвеса и длины поводка. После подстановки данных в формулу (2.2.86) получили угол отклонения поводка от равновесного положения  $\varphi$ , равный  $\pm 1,48$  град (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Определение угла отклонения поводка сошника от равновесного положения

$R_y, H$	$R_x, H$	$A$	$B$	$A$	$\varphi$
220	1800	-361	623	-0,0016	-1,21
	2000	-401	692	-0,0014	-1,27
	2200	-421	419	-0,0024	-1,37
250	1800	-371	597	-0,018	1,24
	2000	-411	686	-0,016	1,43
	2200	-431	721	-0,015	1,48

Экспериментальные исследования при скорости движения сошника  $v=2,5$  м/с показывают, что устойчивость хода сошника коррелируется с неравномерностью глубины заделки семян, корреляционное отношение составляет 0,8 (приложение

1). Это свидетельствует о том, характер связи – сильный. При средней глубине заделки семян равной  $\bar{a} = 6,96$  см межгрупповая дисперсия составляет  $\sigma_{мг\delta} = 0,72$  см, а общая дисперсия –  $\sigma_{об\delta} = 0,9$  см, то есть соответствует агротехническим требованиям ( $\pm 1$ см).

### **Выводы по главе:**

1. Обоснована конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника для посева семян зерновых культур с разработкой уравнения, которая характеризует экспонентную зависимость угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения ( $\varphi_0$ ), который определяется экспериментальным путем с учетом значений высоты подвеса и длины поводка.

2. При подстановке следующих данных  $\varphi_0 = 60$  град, высота подвеса сошника  $H = 0,37$  м, длина поводка  $l = 0,4$  м в формулу получили конкретное значение угла  $\varphi = \pm 1,48$  град.

3. Небольшой угол отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения показывает, что создаваемый ею момент воспринимается горизонтальными тягами параллелограммного механизма. Верхняя тяга под действием момента сопротивления со стороны почвы будет сжиматься, а нижняя растягиваться. Поэтому параллелограммный механизм лучше копирует неровности микрорельефа, тем самым обеспечивает устойчивость хода сошника по глубине заделки семян.

4. На основании проведенных теоретических исследований устойчивости движения комбинированного сошника с параллелограммной навеской можно констатировать, что данная конструкция навески сошника применима к сеялкам для посева семян зерновых культур.

### **3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Соответственно поставленные задачи позволили разработать программу лабораторных исследований включающих:

1. разработку конструкции рабочего органа для посева семян и внесения удобрений ниже уровня семян.
2. разработку математической модели движения сошника с параллелограммной подвеской.
3. получить оценочные показатели влияния конструктивных параметров сошника на равномерность распределения семян.
4. определение угла отклонения поводка параллелограммного механизма навески сошника.
5. проведение лабораторных и полевых исследований комбинированного сошника и при угле отклонения параллелограммного механизма навески.

Программа экспериментальных исследований состоит из трех этапов.

Первый этап включает обоснование параметров сошника, выбор параметров для факторного эксперимента, изготовление сошника, подготовка оборудования для проведения лабораторных и полевых исследований.

Второй этап включает полевые исследования, в которые входят определение агротехнических параметров работы сошниковой группы, определение параметров урожайности.

Третий этап включает статистическую обработку результатов экспериментов, их анализ, формирование результатов и выводов.

#### **3.1 Методика определения физико-механических свойств почвы.**

К физико-механическим свойствам почвы относятся

1. механический состав и структура
2. плотность,
3. пластичность,
4. влажность

5. сопротивление при обработке

6. твердость почвы

1. Механический состав и структура почвы зависит от фракций почвы

2. Плотность почвы вес в граммах 1 см<sup>3</sup> в естественном сложении определяется по формуле

$$d_v = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

где  $m$  – масса почвы

$V$  – объем почвы в см<sup>3</sup>

На плотность почвы влияют гранулометрический и минеральный состав структура, содержание гумуса и обработка почвы. От того какова плотность почвы зависят каким образом происходит поглощение влаги, воздухообмен, жизнедеятельность биоты и развитие корневых систем.

Предложена следующая шкала оптимальных показателей объемной плотности почвы (А.Г.Бондарев, 1985): глинистые и суглинистые – 1,00 – 1,30; легкосуглинистые – 1,10 – 1,40; супесчаные – 1,20 – 1,45; песчаные – 1,25 – 1,60; торфяные – 0,2 – 0,4 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1 – Параметры оценки плотности почвы

Плотность почвы г/см <sup>3</sup>	Оценка
≥1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0 – 1,1	Типичные величины для культурной и свежеспаханной пашни
1,2	Пашня уплотнена
1,3 – 1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4 – 1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов различных почв (кроме черноземов)
1,6 – 1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

3. Пластичность почвы характеризуется способностью изменять свою форму под влиянием внешних сил и сохранять эту форму после.

4. Влажность почвы.

Агрономической наукой установлено, что во всех почвенно-климатических зонах за период от посева до уборки эффективное плодородие отдельных частей пахотного слоя подвергается значительному изменению. Поэтому с дифференциацией пахотного слоя почвы при различных способах обработки и особенностью водного режима представляет интерес знание роста и развития корневой системы культурных растений.

Известно, что рост и развитие корневой системы сельскохозяйственных культур зависит от плодородия почвы, от климатических условий, складывающихся во время вегетации. Поскольку в поверхностных слоях почвы водный режим ее в наших условиях неустойчивый, часто узловые корни пшеницы не развиваются, поэтому плодородие этого слоя используется недостаточно. Это ведет к снижению продуктивности пшеницы. Немаловажную роль играет при посеве семян влажность почвы. Наличие влаги в почве способствует быстрому прорастанию семян и лучшему усвоению питательных веществ. Почвы Забайкалья подвержены ветровой и водной эрозии, поэтому очень важно наличие влаги. Также влажность почвы оказывает влияние на движение сошниковой группы посевной сеялки.

5. Удельным сопротивлением почвы при обработке называют тяговое усилие, затрачиваемое на подрезание  $1 \text{ см}^2$  поперечного сечения пласта, и выражают его в кПа.

6. Твердость почвы это свойство почвы сопротивляться сжатию и расклиниванию.

### **3.2. Конструкция экспериментального рабочего органа – комбинированного сошника**

Для проведения лабораторных и полевых исследований для получения оценочных показателей влияния конструктивных параметров сошника был разработан и изготовлен рабочий орган посевной сеялки – сошник комбинированный.

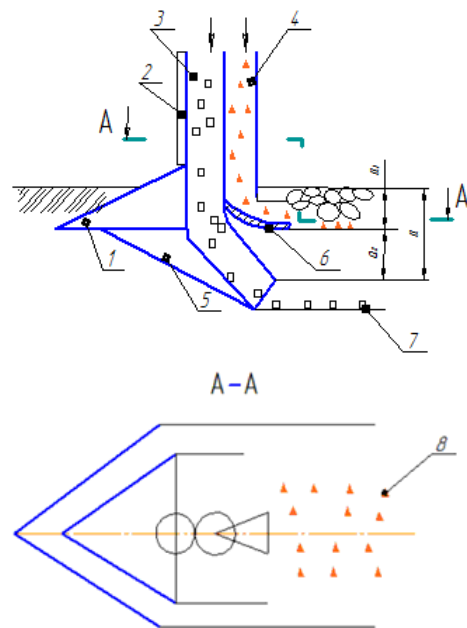


Рисунок 3.1 – Сошник комбинированный:

1 – лапа стрельчатая; 2-стойка; 3-туконаправитель; 4-направитель семян; 5- нож туконаправителя; 6-скатная пластина; 7- слой внесения удобрений; 8- семена

Лаповый сошник содержит стрельчатую лапу 1 прикрепленную к стойке 2, туконаправитель 3, направитель семян 4, нож туконаправителя 5, скатную пластину 6. Нож туконаправителя имеющий форму клина, подрезает слой почвы, образует ложе для удобрения расположенного ниже уровня семян. В подлаповом пространстве туконаправитель установлен так, чтобы удобрения можно располагать ниже слоя посева семян. Устройство работает следующим образом, стрельчатая лапа 1 подрезает пласт, разрыхляет почву и образует почвенный слой, семена зерновых культур поступают в направитель семян 4 и укладываются на поверхность уплотненного слоя, который образуется скатной пластиной 6. Удобрения поступают в туконаправитель. Такое конструктивное выполнение позволяет увеличить всхожесть за счет внесения удобрений ниже слоя посева семян. При развитии корневой системы растения будут получать питательные вещества.

### 3.2.1 Лабораторная установка

В лабораторных условиях применялась лабораторная установка (рис. 3.2) изготовленная на кафедре «Механизация сельскохозяйственных процессов» Бурятской ГСХА.

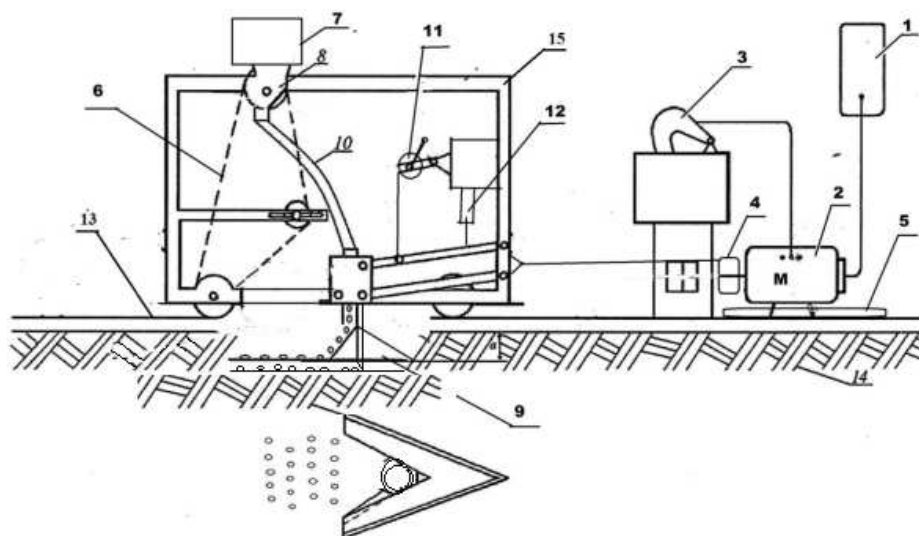


Рисунок 3.2 – Схема лабораторной установки

1-электрический щит, 2-электродвигатель, 3-жидкостной реостат, 4 - барабан с тросом, 5- станина, 6- цепной привод, 7-семенной ящик, 8- высевающий механизм, 9-Экспериментальный рабочий экземпляр (лаповый сошник), 10- семяпровод, 11- подъемный механизм, 12- стабилизатор, 13-рельсы, 14-почвенный канал, 15-каретка.

Лабораторная установка состоит из почвенного канала - 1; тележки движущейся по рельсам - 2, параллелограммного механизма - 3, экспериментального сошника - 4, бункера с высевающим механизмом - 5, электромотора - 6, троса - 7, сошника - 8, семяпровода - 9, тукопровода - 10, подъемного устройства с фиксирующим рычагом -11, приводных барабанов 12 и 13.



Рисунок 3.3 – Лабораторная установка

### **3.3. Методика проведения лабораторных исследований.**

Для проведения опытов почва в канале подготавливалась согласно агротехническим требованиям при предпосевной подготовке, т.е. почву перекапывали, выравнивали и создавали необходимую для опытов влажность. Передвигая тележку с заданными скоростями по каналу получали опытные данные и замеры. Проводились замеры при различной скорости. Определялась равномерность распределения семян по глубине заделки семян.

Скорость движения тележки определялась замером времени  $t$  по длине почвенного канала:

$$v = \frac{S}{t}, \quad (3.3.1)$$

Время фиксировалось секундомером. Глубина вхождения сошника измерялась линейкой. Полученные измерения обрабатывались методом математической статистики выбором среднего значения глубины.

Влажность почвы контролировали цифровым влагомером MC-7828SOIL.

Он состоит из измерительного прибора и датчика с щупом. Метод измерения основан на изменении диэлектрической проницаемости. На экране прибора с LED – подсветкой читаются данные об изменении влажности измеряемой почвы. Результаты измерений получаются с максимальной точностью. Устройство выполняет измерение влажности почвы в пределах от 0 до 80%, при температуре от 0 до 50°. Влажность почвы бралась в пределах от 0 до 80%. Щуп вводился в почву в разных участках почвенного канала, так как увлажнение почвы канала происходило неравномерно. Статистические данные сохранялись в памяти прибора и отображались на дисплее экрана, значения выбирались с помощью нажатия необходимых клавиш прибора.



Рисунок 3.4 – Цифровой влагомер MC-7828SOIL

### 3.3.1 Твердость почвы.

При проведении опытов применялся плотномер, изготовленный по методу Ревякина Ю.Ю. имеющего в составе пружинный плунжер, наконечник, карандаш, миллиметровая бумага, рамка, передаточный механизм. Замеры проводились в пятикратной повторности равномерно по площади. Обработка диаграммы проводилась нахождением средней плотности на всю глубину слоя.

ГОСТ 3018-52 устанавливает формулу определения твердости почвы

$$P = h \times q / S, \text{ кг/см}^2 \quad (3.3.2)$$

где  $h$  – средняя ордината диаграммы плотности почвы, мм;

$q$  – жесткость пружины, кг/мм;

$S$  – площадь основания плунжера, см<sup>2</sup>.

### 3.3.2 Методика определения равномерности глубины заделки семян

Согласно агротехническим требованиям семена зерновых культур должны заделываться равномерно т.к. в дальнейшем от этого зависит урожайность.

Определение равномерности заделки семян проводилось в лабораторных условиях по ОСТ 105.1-2000 в нем указаны методы определения равномерности заделки семян:

- а) подкапыванием семян в рядке
- б) прибором для послойного снятия почвы
- в) измерения этилированной части растения

При исследовании равномерности глубины заделки семян применялся способ раскопки семян. Засеянные рядки должны быть вскрыты поперек хода сошника комбинированного до нахождения нескольких семян в каждом рядке, вдоль каждого учетного рядка прикладывается линейка таким образом, чтобы свободный конец находился над рядком вскрытых семян. Выполняем от 10 до 15 измерений

Определяем среднеарифметическое значение по формуле

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.3.4)$$

где  $n$  – количество повторностей измерений

$x_i$  – отдельные результаты повторностей

Среднеквадратичное отклонение определяется

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}}, \quad (3.3.5)$$

Ошибка средней арифметической

$$P = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.3.6)$$

Коэффициент вариации

$$V = \frac{\sigma}{x} 100\%, \quad (3.3.7)$$

Определение коэффициентов регрессии:

Свободный член регрессии определяется по формуле:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N y_{cp_u}}{N}, \quad (3.3.8)$$

где  $u$  - номер опыта;  $N$ -количество проведенных опытов;  $y_{cp_u}$  - среднее значение отклика в соответствующем опыте.

Коэффициенты регрессии находятся по формуле:

$$b_k = \frac{\sum_{u=1}^N x_{uk} y_{cp_u}}{N}, \quad (3.3.9)$$

где  $x_{uk}$  - значение факторов по столбцам.

Далее проводится статистический анализ значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Среднее значение отклика в требуемом опыте были определены по формуле

$$y_{cp_u} = \frac{\sum_{i=1}^m y_{i_u}}{m}, \quad (3.3.10)$$

где  $i$  – номер повторности ( $i=1\dots m$ );

$m$  – количество повторностей;

$y_{i_u}$  – отклик на влияние всех факторов в соответствующей повторности.

Среднеквадратическое отклонение отклика  $y_{i_u}$  от среднего значения отклика

$y_{cp_u}$  высчитывается по формуле:

$$\sigma^2(y_{i_u}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{i_u} - y_{cp_u})^2}{m-1}}, \quad (3.3.11)$$

Дисперсия (разброс)  $y_{i_u}$  высчитывается по формуле:

$$\sigma^2(y_{i_u}) = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{i_u} - y_{cp_u})^2}{m-1}, \quad (3.3.12)$$

Дисперсия единичного результата для всего эксперимента высчитывается по формуле:

$$\sigma^2(y_i) = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{i_u} - y_{cp_u})^2}{N(m-1)}, \quad (3.3.13)$$

Средняя для всего эксперимента дисперсия воспроизводимости среднего значения выхода для каждого опыта будет в  $m$  раз меньше дисперсии  $\sigma(y_i)$

Вычислим:

$$\sigma^2(y_{cp}) = \frac{\sigma^2(y_i)}{m} = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{i_u} - y_{cp_u})^2}{N(m-1)m}, \quad (3.3.14)$$

Выразить равномерность распределения семян можно в процентах.

«Систематические ошибки это погрешности измерительных приборов, неправильно подобранный метод измерения или изменения со стороны экспериментатора, которые повторяются в каждом эксперименте, и др. Систематические погрешности, возможно, их изучение и устранение из результатов опытов. Систематические ошибки устраняют:

- 1) Многократной тарировкой измерительных инструментов.
- 2) Разные способы измерений и сверка результатов между собой.
- 3) Есть также неустранимые ошибки, которые вызываются большим количеством факторов, эффекты, действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Но при помощи методов теории вероятности можно учесть их влияние на оценку истинного значения»[120, 125].

### **3. 4 Методика планирования эксперимента**

#### **3.4.1 Априорное ранжирование факторов**

На стадии предварительного изучения объекта исследования полезно проведение психологического проведения эксперимента, заключающегося в объективной обработке данных, полученных в результате опроса специалистов или исследований, опубликованных в литературе. Чаще всего априорное ранжирование факторов проводят с целью сравнительной оценки влияния различных факторов на параметры оптимизации. Тем самым становятся возможными правильный отбор факторов для последующего активного эксперимента, обоснованное исключение некоторых из них из дальнейшего рассмотрения. Таким образом, можно выбирать сами факторы, интервалы их варьирования, основной уровень и т.д.

Априорное ранжирование факторов основано на том, что факторы, которые согласно априорной информации могут иметь существенное влияние, ранжируются в порядке убывания вносимого ими вклада. Вклад каждого фактора оценивается по величине ранга-листа, которое отведено исследователем при опросе поданному фактору при ранжировании всех факторов с учетом их предполагаемого влияния на параметры оптимизации, количественно неизвестного. Данный метод применялся в работе профессора С.В. Мельникова и др. при решении ряда многофакторных задач [55, 77, 120, 125].

Пяти специалистам, занимающимся вопросам равномерности глубины заделки семян, было предложено заполнить анкету, в которой указаны место факторов в ранжированном ряду их размерность и предполагаемые уровни

варьирования. Форма анкеты и результаты априорного ранжирования факторов специалистами приведены в приложении 3.

По результатам априорного ранжирования факторов была составлена матрица рангов-алгоритм (таблица 2 приложения 3.) для определения коэффициента конкордации, определяющего степень согласованности мнений специалистов, который определяется по формуле.

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (3.4.1)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений;

$m$  – количество опрашиваемых специалистов;

$k$  – количество факторов.

Сумма квадратов отклонений вычисляется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} - L \right)^2, \quad (3.4.2)$$

где  $a_{ij}$  – ранг (порядковый номер при опросе)  $i$ -го фактора у  $j$ -го специалиста;

$L$  – среднее значение сумм рангов по каждому фактору.

Среднее значение сумм рангов по каждому фактору вычисляется по формуле:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}}{k}, \quad (3.4.3)$$

Значимость коэффициента конкордации проверяем по критерию Пирсона  $\chi^2$ . Учитывая, что в матрице (приложение б) нет «связанных» рангов,  $\chi^2$  – распределения вычисляем по формуле:

$$\chi^2 = m(k-1)W = \frac{S}{\frac{1}{12mk(k+1)}}, \quad (3.4.4)$$

Полученное расчетное значение  $\chi^2$  – распределения сравниваем с табличным при соответствующем числе средней свободы. Коэффициент конкордации ( $W$ ) имеет  $\chi^2$  – распределение с числом средней свободы  $f=k-1$ , а значение  $\chi^2_{табл.}$  – критерия определяем по таблице, представленной в приложении 4 [62]. При соблюдении условия  $\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл.}$  и если коэффициент конкордации значимо

отличается от нуля и стремится к 1, то тем больше согласованность мнений у специалистов.

После этого строим диаграмму рангов факторов, отражающую коллективное мнение специалистов. Для этого по оси абсцисс откладываем факторы в порядке убывания их ранга, а по оси ординат – сумма рангов для соответствующего фактора. С помощью полученной диаграммы производим оценку значимости факторов. В случае неравномерного убывания диаграммы для дальнейшего рассмотрения отбираем небольшую часть «главных факторов», а остальные исключаем. Если получается диаграмма с монотонным убыванием, то для дальнейшего рассмотрения включаем как можно большее число факторов. В случае неравномерного экспоненциального убывания часть факторов можно исключить из дальнейшего рассмотрения, отнеся их влияние к шумовому полю. Если распределение неравномерное или равномерное то в эксперимент включает все факторы.

#### **3.4.2. Крутое восхождение по поверхности отклика**

После психологического эксперимента и выделения существенных факторов встает задача получения представления о функции отклика, т.е. установления зависимости между параметрами оптимизации и независимыми переменными. Математические методы планирования эксперимента позволяют при отыскании области оптимума двигаться по поверхности отклика кратчайшим путем. Наибольший эффект данного поиска в большинстве случаев наблюдается при использовании метода крутого восхождения. В данном методе применяется факторный эксперимент. С его помощью определяют линейные эффекты, и эффекты взаимодействия, проверяют адекватность линейной модели.

Факторный эксперимент характеризуется тем, что при его проведении одновременно варьируются все независимые переменные, а достоверность результатов оценивается с помощью математико-статистических методов и его осуществляют с помощью матрицы планирования. Она имеет стандартную форму, так как в ней используются кодированные факторы.

Перед началом эксперимента проводилось кодирование по формуле:

$$x_i = \frac{x_i - x_{oi}}{\varepsilon}, \quad (3.4.5)$$

где  $x_i$  – кодированное значение фактора (безразмерная величина)

$x_{oi}$  – натуральное значение некоторого фактора на нулевом уровне;

$\varepsilon$  – натуральное значение интервала варьирования ( $\Delta c$ );

Верхний уровень варьирования фактора обычно обозначается через +1. А нижний через – 1. В центре эксперимента факторы имеют нулевой уровень 0.

$$\varepsilon = \frac{x_i^b - x_i^H}{2}, \quad (3.4.6)$$

где  $x_i^b$  – значение фактора на верхнем уровне;

$x_i^H$  – значение фактора на нижнем уровне;

Уровни и интервалы варьирования факторов, используемых в эксперименте, определялись, исходя из условий работы сошника зерновой сеялки и соответствующей глубины заделки семян при посеве зерновых культур, согласно агротехническим требованиям [78].

Предполагая, что результаты эксперимента можно представить линейной моделью, а часть эффектов относится к шумовому полю, получают расщепление модели в следующем виде:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_{k-l}x_{k-l} + a, \quad (3.4.7)$$

где  $y$  – параметры (критерий) оптимизации;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_{k-l}$  – коэффициенты регрессии;

$x_1, x_2, \dots, x_{k-l}$  – независимые переменные (факторы), которые можно

варьировать при постановке эксперимента  $a = b_1z_1 + b_2z_2 + \dots + b_lz_l + u$ ;

$k$  – общее число эффектов, равное числу факторов;

$l$  – число эффектов, отнесенных к шумовому полю;

$k - l$  – число значимых эффектов;

$u$  – ошибка опыта.

Далее осуществляется расчет коэффициентов регрессии по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} y_n}{\sum_{n=1}^N x_{in}^2}, \quad (3.4.8)$$

где  $x_{in}$  – значение фактора  $x_i$  в  $n$ -м опыте;

$y_n$  – значение параметра оптимизации в том же опыте;

$N$  – число опытов.

Определение сводного члена  $b_o$  в уравнении регрессии производится следующим образом:

$$b_o = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N}, \quad (3.4.9)$$

Коэффициенты регрессии, характеризующие взаимодействие факторов, определяются по формуле:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} x_{jn} y_n}{N}, \quad (3.4.10)$$

После вычисления коэффициентов регрессии проводят статистический анализ уравнения регрессии.

Гипотезу об адекватности представления результатов исследования полиномом первой степени проверяют с помощью критерия Фишера ( $F$  – критерия):

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2}, \quad (3.4.11)$$

где  $S_{ad}^2$  – дисперсия адекватности математической модели;

$S_y^2$  – дисперсия воспроизводимости, характеризующая ошибку опыта.

Дисперсию адекватности можно найти по формуле:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (\hat{y}_n - \bar{y}_n)^2}{N - k - 1}, \quad (3.4.12)$$

где  $\bar{y}_n$  - среднее значение критерия оптимизации в опытах, найденные экспериментально;

$\hat{y}_n$  - значения критерия оптимизации, предсказанные управлением регрессии.

Дисперсию, характеризующую ошибку опытов, определяют по выражению:

$$S_{вопр}^2 = S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_1^n (Y_{in} - \bar{y}_n)^2}{N(n-1)}, \quad (3.4.13)$$

где  $y_{in}$  - значения параметра оптимизации в параллельных опытах;

$n$  - число параллельных опытов.

Гипотеза об адекватности линейной модели может быть принята, если расчетное значение  $F$ -критерия не превышает табличного для выбранного уровня значимости, обычно с 95%-ной достоверностью.

Об адекватности линейной модели можно также судить по величине коэффициентов регрессии, связанных с эффектами взаимодействия. Линейная модель не является адекватной, если хотя бы один из эффектов взаимодействия значим.

Если свободный член  $b_o$  является свободной оценкой:

$$b_o \rightarrow \beta_o + \sum \beta_{ii}$$

где  $b_o, \beta_{ii}$  - теоретические коэффициенты регрессии.

Данное обстоятельство позволяет проверить гипотезу о равенстве нулю суммы коэффициентов при квадратичных членах (нуль-гипотезу), поскольку в случае адекватности линейной модели  $\sum \beta_{ii} = 0$ . С этой целью ставят дополнительные опыты в центре эксперимента, определяют среднее  $\bar{y}_o$  и вычисляют разность  $b_o - \bar{y}_o$ , которая является оценкой суммы коэффициентов при квадратичных членах. Нуль - гипотеза может быть принята, если указанная

разность не превышает ошибки экспериментов. Значимость этого различия проверяется по критерию Стьюдента:

$$t_{расч.} = \frac{(b_0 - \bar{y}_0) \sqrt{N}}{S_{\{y\}}}, \quad (3.4.14)$$

Величина  $t_{расч.}$  сопоставляется с табличным значением  $t$ -критерия при том же после степеней свободы, с которым определена ошибка эксперимента.

Далее проверяется значимость коэффициентов регрессии, характеризующих линейные эффекты и эффекты взаимодействия, построением доверительных интервалов  $(\pm \Delta b_i)$ , которые в случае линейной модели равны для всех коэффициентов.

Дисперсия, характеризующая ошибки в определении коэффициентов регрессии.

$$S_{\{b_i\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{\sum_{j=1}^N x_{ij}^2}, \quad (3.4.15)$$

Доверительный интервал для коэффициентов регрессии находят по формуле

$$b_i - \beta_i = \pm \Delta b_i = \pm t \cdot S_{\{b_i\}}, \quad (3.4.16)$$

где  $t$  – табличное значение критерия Стьюдента с 95%-ной достоверностью.

Коэффициент регрессии можно считать значимым, если его абсолютное значение превышает величину доверительного интервала.

При проведении экспериментов с помощью крутого восхождения осуществляется шаговый процесс движения. Сначала ставится полный факторный эксперимент, а затем по его результатам рассчитываются несколько мысленных опытов, соответствующих наиболее крутому направлению для движения в область оптимума.

Наибольший эффект использования метода крутого восхождения наблюдается при адекватности линейной модели, так как сам метод исходит из локального описания части поверхности отклика уравнением первой степени и

последующего движения в направлении градиента линейного приближения. Однако рассматриваемый метод дает полезные результаты и при неадекватности линейной модели. В большинстве случаев движение по градиенту линейного приближения позволяет приблизиться к области оптимума или найти более благоприятные условия для последующих исследований.

Если линейная модель не является адекватной по одной из вышеперечисленных критериев, то ставится вопрос об аппроксимации рассматриваемой поверхности отклика полиномом второй степени [10, 44, 78].

### 3.4.3. Ротатабельное планирование второго порядка

При исследовании области оптимума необходимо тщательное изучение поверхности отклика. Из-за большой кривизны поверхности отклика линейную модель применять уже нельзя. Чаще всего для описания области оптимума используют полиномы второй степени [55, 78].

Часть поверхности отклика вблизи оптимума является почти стационарной областью. В настоящее время при описании почти стационарной области чаще всего используют центральное композиционное ротатабельное униформ-планирование второго порядка, которое является наиболее эффективным.

Перед началом эксперимента проводилось кодирование по формуле:

$$x_i = \frac{x_i - x_{oi}}{\varepsilon}, \quad (3.4.17)$$

где  $x_i$  – кодированное значение фактора (безразмерная величина)

$x_i$  – натуральное значение фактора;

$x_{oi}$  – натуральное значение некоторого фактора на нулевом уровне.

$\varepsilon$  – натуральное значение интервала варьирования.

Верхний уровень варьирования фактора обычно обозначается через +1, а нижний через –1. В центре эксперимента факторы имеют нулевой уровень 0.

$$\varepsilon = \frac{x_i^B - x_i^H}{2}, \quad (3.4.18)$$

где  $x_i^B$  – значение фактора на верхнем уровне;

$x_i^H$  – значение фактора на нижнем уровне.

Уровни и интервалы варьирования факторов, используемых в эксперименте, определялись исходя из условий работы сошника зерновой сеялки и соответствующей глубины заделки семян при посеве зерновых культур, согласно агротехническим требованиям [28].

Данная методика проведения эксперимента известна и изложена в работах С.В.Мельникова, А.Л.Миткова, В.Б.Тихомирова [55, 58, 126].

Задачей данного этапа исследования являлось детальное изучение области оптимума с целью получения адекватной математической модели следующего вида:

$$y = \vartheta_0 + \sum_{i=1}^k \vartheta_i x_i + \sum_{i < j}^k \vartheta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \vartheta_{ii} x_i^2, \quad (3.4.19)$$

Опыты проводились в трехкратной повторности, а результаты сравнивались по всем принятым показателям. Обработка данных проводилась в следующей последовательности:

Коэффициенты регрессии модели  $\vartheta_0$ ,  $\vartheta_i$ ,  $\vartheta_{ij}$  и  $\vartheta_{ii}$  находим по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_0 &= aN^{-1} \sum_n^N Y_n - \vartheta N^{-1} \sum_n^K \sum_n^N x_{in}^2 Y_n; \\ \vartheta_i &= \lambda_2^{-1} N^{-1} \sum_n^N x_{in} Y_n; \\ \vartheta_{ij} &= \lambda_3^{-1} \times N^{-1} \times \sum_n^N x_{in} x_{jn} \times Y_n; \\ \vartheta_{ii} &= -\vartheta N^{-1} \sum_n^N Y_n + CN^{-1} \sum_n^N X_{in}^2 Y_n - dN^{-1} \sum_i^K \sum_n^N X_{in}^2 Y_n; \end{aligned} \right\} \quad (3.4.20)$$

где  $aN^{-1}$ ,  $\vartheta N^{-1}$ ,  $\lambda_2^{-1} N^{-1}$ ,  $\lambda_3 N^{-1}$ ,  $CN^{-1}$  и  $dN^{-1}$  – табличные значения (Табл. 3.2.)

Таблица 3.2 – Значения параметров числа

Число	Параметр					
		$aN^{-1}$	$\vartheta N^{-1}$	$CN^{-1}$	$dN^{-1}$	$\lambda_2^{-1} N^{-1}$

24	0,22917	0,0625	0,5	0,10417	0,05556	0,0625
----	---------	--------	-----	---------	---------	--------

Статистический анализ уравнения регрессии производился по следующим формулам [55] :

$$\left. \begin{aligned} S^2\{\epsilon_0\} &= a N^{-1} S^2 y; & S^2\{\epsilon_i\} &= \lambda_2^{-1} N^{-1} S^2 y; \\ S^2\{\epsilon_{ij}\} &= \lambda_3^{-1} N^{-1} S^2 y; & S^2\{\epsilon_{ij}\} &= (c \times d) N^{-1} S^2 y; \\ cov\{\epsilon_0, \epsilon_{ij}\} &= -\epsilon N^{-1} S^2 y; & cov\{\epsilon_{ii}, \epsilon_{jj}\} &= -d N^{-1} S^2 y \end{aligned} \right\} \quad (3.4.21)$$

Для проверки адекватности модели второго порядка ротатабельного плана рассчитывают следующие величины. Имея опыты в центре эксперимента, определяется сумма квадратов  $S_E$ , связанная с дисперсией ошибки опыта

$$S_E = \sum_{n=1}^{n_0} (y_{ou} - \bar{y}_o)^2, \quad (3.4.22)$$

при степенях свободы  $f_E = n_0 - 1$

Остаточная сумма квадратов  $S_R$ , связанная с остаточной дисперсией, равна

$$S_R = \sum_{n=1}^N (\bar{y}_u - \bar{\epsilon}_n)^2, \quad (3.4.23)$$

Сумма квадратов, связанная с дисперсией адекватности, равна

$$S_{ad} = S_R - S_E \quad (3.4.24)$$

С числом степеней свободы

$$f_{ad} = N - \frac{(k+2)(k-1)}{2} - (n_0 - 1), \quad (3.4.25)$$

При проверке адекватности представления результатов эксперимента полиномами второй степени используется  $F$ -критерий Фишера, вычисляемый по формуле:

$$F_{расч.} = \frac{S_{ad}/f_{ad}}{S_E/f_E}, \quad (3.4.26)$$

При проверке гипотезы адекватности необходимо, чтобы расчетное значение  $F$ -критерия было меньше табличного с принятым уровнем вероятности.

Табличное значение  $F$ -критерия выбираем по таблице приложения [126] с учетом степеней свободы.

Значимость коэффициентов регрессии определяют по  $t$ -критерию путем нахождения доверительного интервала для коэффициента регрессии [126]:

$$\Delta b_i \geq \pm \frac{S_y \cdot t_{кр.}}{\sqrt{N}}, \quad (3.4.27)$$

Табличное значение  $t$ -критерия принималось при числе средней свободы  $f=N(m-1)$  и уровне значимости 0,05, что в приложении 6 [58]. Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

### 3.5 Методика полевых испытаний

Полевые испытания проводились на опытных полях ФГБОУ ВО БГСХА имени В.Р. Филиппова, при посеве пшеницы сорта «Бурятская-79». С тремя повторностями опыта на территории и тремя повторностями по времени.

Цель эксперимента сопоставление качества посева серийной сеялки СЗП-3,6А-02Б и сеялки с экспериментальными рабочими органами.

При проведении полевых экспериментальных исследований были определены следующие показатели работы экспериментального посевного агрегата:

1. Определение равномерности распределения семян по площади.
2. Динамика всхожести растений
3. Урожайность пшеницы.



Рисунок 3.6 – Полевые испытания сошника

### 3.5.1 Методика определения динамики всхожести растений.

Для наблюдения за полевой всхожестью, в начальные дни появления первых всходов на поле с помощью специальных колышков размечались стационарные участки длиной не более 0,5 м. и шириной 1 м., чтобы на разных выбранных вариантах находилось по три делянки. Количество появившихся ростков подсчитывали с того момента, как появлялись всходы на следующий день, нарастающим итогом пока на протяжении 2...3 дней число всходов на одной делянке было постоянным или увеличивалось максимум на одно или два растения. Затем, все собранные данные проведенных подсчетов записывались в специальный журнал по полевым

наблюдениям и производились построения графиков, которые отображали полевую всхожесть растений в динамике.

### **3.5.2 Метод определения равномерного распределения растений по площади.**

Для определения равномерности распределения растений в полевых опытах применялись стандартные методики [13, 14, 23, 28, 81, 82, 83].

Обработка полученных результатов, методом математического анализа, заключалась в определении среднего числа зерен в квадратах, их среднеквадратического отклонения, а так же коэффициента вариации, характеризующих равномерность распределения зерновки. Затем находилось количество квадратов с различным числом растений в процентах от общего числа всех квадратов. После чего по количеству случаев в процентном соотношении с разным количеством зерновки строились графики, которые показывали распределение по ширине захвата рабочего органа, а так же по ходу его движения [13, 14, 28, 67].

Проведение опытов осуществлялось с применением семян пшеницы по ГОСТу на испытания зерновых сеялок [13, 18, 67]. Для определения равномерного распределения зерновки, производилось наложение квадратной рамки, имеющей размеры 25x25 см., содержащей квадраты 50x50 мм. На участке протяженностью 3 м данная рамка накладывалась пять раз по ходу движения сеялки. Подсчет количества семян проводился в каждом квадрате рамки. Ряды клеток, расположенные вертикально, соответствовали распределению зерновки по ходу движения сошника, а горизонтальные соответствовали ширине захвата рабочего органа. Во время проведения опытов подсчитывалось количество семян в каждой клетке сетки. После получения экспериментальных данных, они обрабатывались при помощи методов математической статистики, с выявлением математического ожидания, коэффициента вариации, а так же дисперсии. Равномерное распределение растений по площади находилось по всходам, после того как они полностью появились. Равномерность оценивалась так же с

применением рамки, которая разбита на равные квадраты (5х5см.), считая количество квадратов с растениями (1, 2, 3 ... n). Для получения более достоверных данных замеры производились не менее 3 раз. По данной программе и приведенным методикам выполнения экспериментальных исследований были определены ключевые параметры, а так же режимы функционирования двухдискового сошника для полосового способа посева зерновых культур

### **3.5.3. Методика определения урожайности**

В качестве основного критерия при определении эффективности сравниваемых способов при возделывании яровой пшеницы в условиях засушливой зоны Забайкалья нами взяты количество и качество урожая. Для определения урожая за один-два дня до начала уборки с каждой делянки отбирают сноповые образцы. Для анализа сноповых образцов зерновых культур подсчитывают число растений, число всех стеблей (включая продуктивные и непродуктивные). Для определения остальных показателей структуры урожая из пробного снопа отбирают 25 типичных для варианта стеблей и учитывают среднюю длину колоса, среднее число колосков в колосе и среднее число зерен в колосе. Их берут с пробных площадок, выделенных для учета густоты стояния растений.

Биологический урожай зерна определяют следующим образом. У растений снопового образца вымолачивают и взвешивают зерно. Зная вес зерна с 1 кв.м., рассчитывают урожай с 1 га [28].

Проводятся полевые опыты на урожайность зерновых культур в течении трех лет согласно методик.

Опыты по всем вариантам закладываются в 3-кратной повторности методом случайных блоков.

Площадь каждой делянки ..... 0,15 га

Возделываемая культура .... пшеница «Бурятская-79»

Почва ..... лесная серая среднесуглинистая

Содержание азота ..... 8,7

Содержание фосфора ..... 143

Содержание калия ..... 146 мг на 100г почвы.

Полевые опыты были размещены в следующем порядке:

I вариант – посев серийной сеялкой СЗП-3,6А-02Б

II вариант – посев экспериментальной сеялкой с рабочими органами для посева

### 3.5.4. Методика обработки данных лабораторно-полевых опытов и экспериментальных исследований

Академик В.П. Горячкин предложил принять за основу оценки работы зерновых сеялок показатели, расчет которых производится методом вариационной статистики, по которому определяется среднеквадратичное отклонение « $\sigma$ » [21, 10].

Для нахождения значения « $\sigma$ » определяют среднее арифметическое « $a$ » и отклонение отдельных измерений от среднего арифметического. Кроме этих показателей подсчитываются коэффициент вариации в процентах, величина абсолютной средней ошибки « $m$ » и показатель точности опыта « $p$ ».

$$\bar{a} = \frac{\sum a_i}{n}, \quad (3.5.1)$$

где  $a_i$  – результат отдельного измерения;

$n$  – число измерений.

Определение средней арифметической величины недостаточно для полной оценки рассматриваемых количественных показателей, т.к. отклонения от средней величины могут быть весьма значительны. Поэтому вычисляется среднеквадратичное отклонение от средней величины « $a$ »:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum b_i^2}{n}}, \quad (3.5.2)$$

Для числа измерений не более 20, формула принимает вид:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum b_i^2}{n-1}}, \quad (3.5.3)$$

где  $\sum b_i^2$  – сумма квадратичных отклонений отдельных измерений от средне арифметической ( $b_1 = a_i - a_1, b_2 = a_2 - a_2, b_3 = a_3 - a_3, \dots, b_i = a_i - a_i$ )

$$V = \pm \frac{\sigma}{a} \cdot 100\%, \quad (3.5.4)$$

Чем больше коэффициент вариации, тем в больших масштабах варьирует изучаемый фактор или явление. Таким образом, коэффициент вариации устанавливает степень равномерности распределения признаков или явлений.

Точность опыта определяется следующим образом:

Вычисляется ошибка средней арифметической по формуле:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.5.5)$$

или подставляя значение « $\sigma$ » из выражения (3.5.1.), получим

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum b_i^2}{n(n-1)}}, \quad (3.5.6)$$

Из выражения (3.5.4.) следует, что показатель характеризует в абсолютных величинах степень точности получения среднего арифметического:

$$p = \frac{m}{a} \cdot 100\%, \quad (3.5.7)$$

### 3.6. Приборы и оборудование

При выборе приборов и оборудования учитывались следующие факторы:

1. Универсальность применения;
2. Синхронность записи взаимосвязанных параметров. Подлежащих определению за один опыт;
3. Нечувствительность воздействиям внешней среды;
4. Возможность передачи измерений на расстояние;
5. Трудоемкость обработки регистрируемых опытных данных;
6. Достоверность результатов измерений.

Для выполнения всех видов экспериментально-лабораторных работ применялось следующее оборудование и приборы.

А. Для исследования агротехнических показателей.

1) почвенный канал; 2) твердомер Ревякина; 3) почвенный бур; 4) бюксы для взятия проб на влажность; 5) сушильный шкаф; 6) электрические весы с ценой деления 0,01 г; 7) секундомер; 8) двухметровая линейка; 9) квадратные рамки размером 0,5 x 0,5 и 1,0 x 1,0 м с координатной сеткой с квадратами 5 x 5 см. 10) металлическая линейка длиной 1000 мм с ценой деления 1 мм. 11) весы технические; 12) фотоаппарат.

Б) Для проведения экспериментально-лабораторных исследований.

1) экспериментальная передвижная установка в почвенном канале; 2) твердомер Ревякина

#### Выводы по главе

1. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры МСХП и на опытных полях Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова
2. Разработана методика определения показателей работы комбинированного сошника в лабораторных и полевых условиях
3. Обработка результатов полнофакторного эксперимента проводилась с применением программ «STATISTICA-7.0.», MS «Excel», 2007

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Технологическая схема экспериментальной сеялки

Для сравнительных испытаний использована «сеялка СЗП-3,6А-02Б которая предназначена для бороздково – ленточного (полосно-рядового) посева семян зерновых культур с одновременным внесением в почву гранулированных минеральных удобрений и прикатыванием зоны высеянных семян. Сошники служат для рыхления верхнего слоя почвы, высева семян на дно борозды, образованной стрелчатой лапой, и сдвига верхнего слоя почвы из зоны засеваемой полосы в межполосное пространство. Является модификацией сеялки СЗП-3,6А для внедрения биологической системы земледелия по производству зерна» [19].

Модернизированная сеялка СЗП-3,6А-02Б (рисунок 4.1) экспериментальными сошниками предназначена для подпочвенного полосового посева зерновых культур с одновременным внесением минеральных удобрений ниже уровня семян и прикатыванием засеянной полосы. Сеялка включает следующие основные сменные сборочные единицы: сошники экспериментальные, поводки в виде параллелограммного механизма, прикатывающие катки по следу сошников. Сошник - стрелчатая лапа 1 служит для рыхления почвы, подготовки семенного ложа на глубине 6 см и внесения удобрений ниже уровня семян на 3 см.

Техническая характеристика: Ширина захвата (рабочая) – 3,6 м; междурядье – 45 см; ширина лапы – 27 см; полоса высева семян –  $18 \pm 2$  см; Число сошников – 8; прикатывающих катков – 8; высевающих аппаратов – 16 (8+8); глубина заделки семян –  $6 \pm 1$  см; глубина внесения удобрений –  $9 \pm 1$  см.

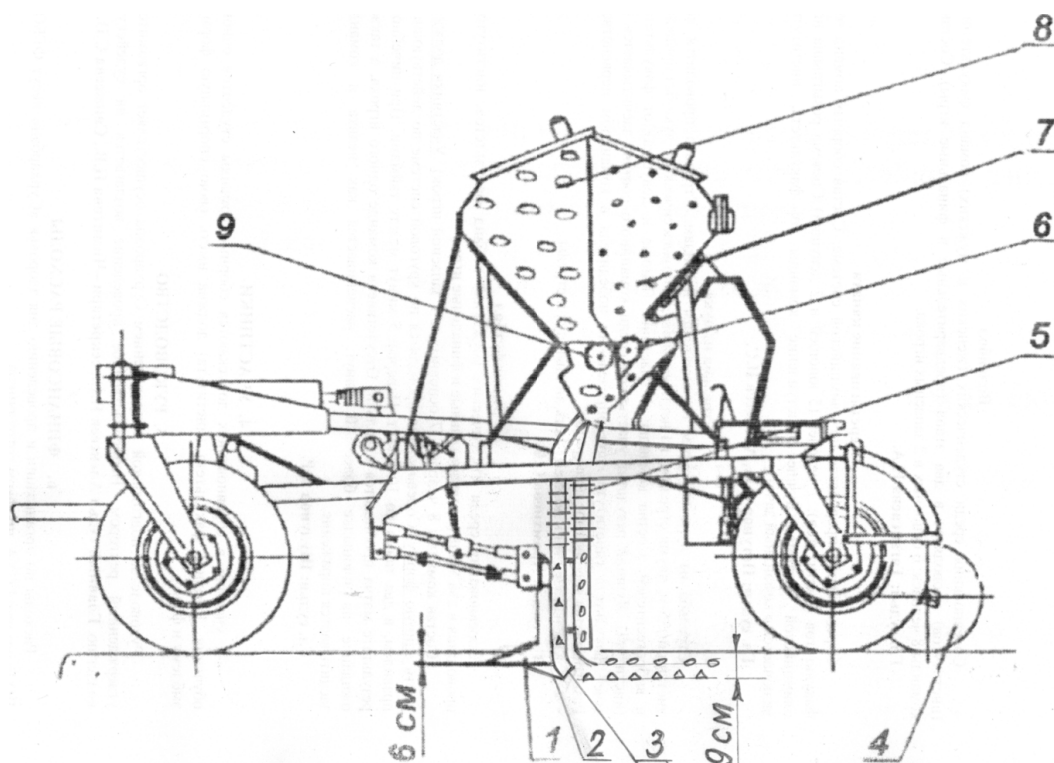


Рисунок 4.1 - Технологическая схема работы сеялки СЗП-3,6А-02Б с экспериментальными сошниками: 1 – сошник-лапа со стойкой; 2 – клин-нож туконаправителя; 3 - туконаправитель; 4 - прикатывающий каток; 5 - семяпровод; 6 - туковый высевающий аппарат; 7 - туковое отделение бункера; 8 - зерновое отделение бункера; 9 - зерновой высевающий аппарат

#### 4.2. Обоснование граничных значений основных параметров комбинированного сошника

Результаты математической обработки экспериментальных данных показывают разброс результатов опытов, потому что имеет место влияния факторов, физическая роль которых в их развитии явления неясна. Поэтому, по рекомендациям Г.В.Веденяпина [13], прибегаем к математическому расчету, позволяющему дать числовую оценку степени взаимной связи между явлениями, вскрыть закономерность рассматриваемых функциональных связей и взаимодействий, помогая выделить физическую картину исследуемых явлений и связей.

Криволинейные зависимости (гипербола, парабола и т.д.) принято оценивать корреляционным отношением. Чем больше значение корреляционного отношения, тем теснее корреляционная связь. Если оно равно нулю – связь отсутствует, если единице – то полная корреляционная связь между явлениями.

Корреляционное отношение определяется через отношение межгрупповой дисперсии к общей дисперсии.

$$\eta = \sigma_{\text{мг } \delta} / \sigma_{\text{об } \delta} \quad (4.1)$$

где  $\sigma_{\text{мг } \delta}$  - межгрупповая дисперсия, которая отражает частные средние значения одного параметра, определяемые для каждого интервала со среднеклассным значением другого параметра;

$\sigma_{\text{об } \delta}$  - общая дисперсия, которая отражает средние значения одного параметра, определяемые для каждого интервала со среднеклассным значением другого параметра.

Величина корреляционного отношения изменяется от 0 до 1. Близкое число к нулю говорит об отсутствии связи, а близкое к единице – о тесноте связи

Анализ проводился с учетом оценки связи на основе корреляционного отношения (шкала Чеддока) [13].

Таблица 4.1 – Оценка связи на основе корреляционного отношения

Значение	Характер связи	Значение	Характер связи
$\eta = 0$	Отсутствует	$0,5 \leq \eta < 0,7$	Заметная
$0 < \eta < 0,2$	Очень слабая	$0,7 \leq \eta < 0,9$	Сильная
$0,2 \leq \eta < 0,3$	Слабая	$0,9 \leq \eta < 1$	Весьма сильная
$0,3 \leq \eta < 0,5$	Умеренная	$\eta = 1$	Функциональная

Для изучения влияния скорости посевного агрегата на равномерность распределения семян по глубине скорость агрегата изменяли в интервале от 1,5 до 3,0 м/с. Глубину заделки семян определяли по этиолированной части растений после появления не менее 75 % всходов по всей ширине захвата в двух проходах сеялки.

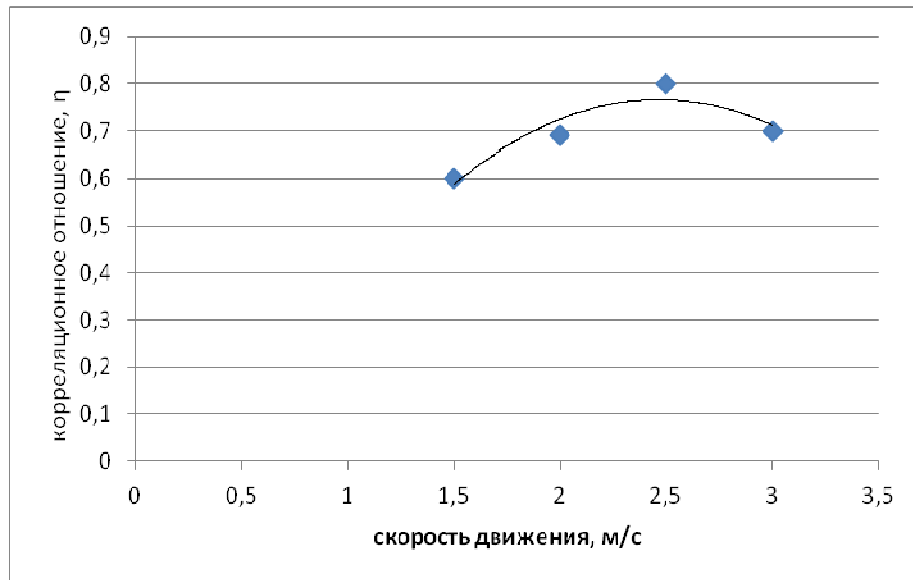


Рисунок 4.2 — Зависимость неравномерности заделки семян ( $\eta$ ) от скорости движения агрегата ( $V$ , м/с)

Корреляционная связь между величиной показателя неравномерности заделки семян по глубине ( $\eta$ ) и скоростью агрегата ( $V$ , м/с) выражается уравнением параболической функции (рисунок 4.1):

$$y = -0,19x^2 + 0,937x - 0,3875 \text{ при } R^2 = 0,8682 \quad (4.2)$$

Из анализа полученной зависимости можно сделать вывод, что корреляционное отношение составляет  $\eta=0,8$ , характер связи сильный. Значит, скорость агрегата оказывает значительное влияние на равномерность заделки семян зерновых культур по глубине. Оптимальным значением скорости агрегата можно считать интервал значений от 2,25 до 2,5 м/с, дальнейшее увеличение скорости приводит к резкому увеличению неравномерности заделки семян по глубине (рисунок 4.1).

Корреляционная связь между величиной показателя неравномерности заделки семян по глубине ( $\eta$ ) и усилия, создаваемого пружины ( $F$ , Н) выражается уравнением параболической функции (рисунок 4.2):

$$y = -0,0001x^2 + 0,0715x - 7,714 \text{ при } R^2 = 0,9905 \quad (4.3)$$

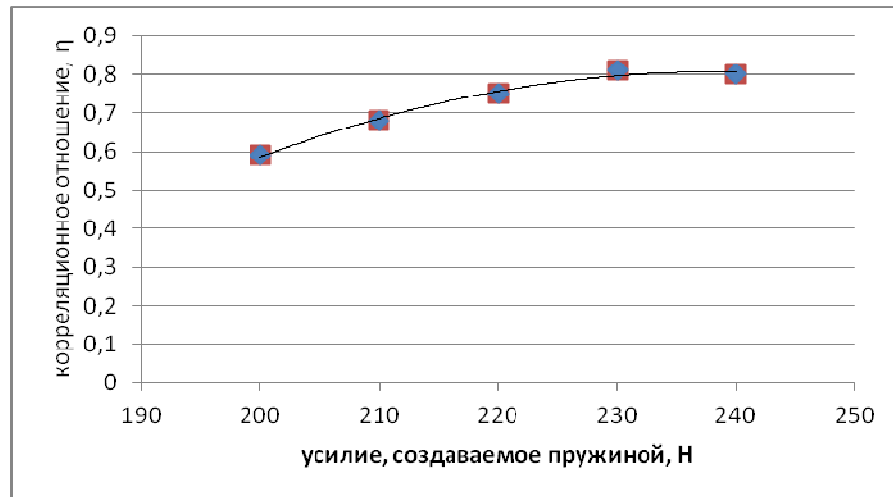


Рисунок 4.3 – Зависимость неравномерности заделки семян ( $\eta$ ) от усилия, создаваемого пружиной ( $F$ , Н)

Рациональными усилия, создаваемого пружины согласно данным исследований можно считать интервал значений от 200 до 240 Н. Повышение усилия пружины ведет к заглублению сошника, вызывает значительные колебания сошника в вертикальной плоскости, следовательно, возрастает неравномерность заделки семян по глубине.

Корреляционная связь между величиной показателя неравномерности заделки семян по глубине ( $\eta$ ) и углом клина туконаправителя ( $\beta$ , град.) выражается уравнением параболической функции (рисунок 4.3):

$$y = -0,0004x^2 + 0,0256x + 0,4 \text{ при } R^2 = 0,8492 \quad (4.4)$$

Оптимальным значением угла клина туконаправителя можно считать интервал значений от 28 до 35 градусов (рисунок 4.8)

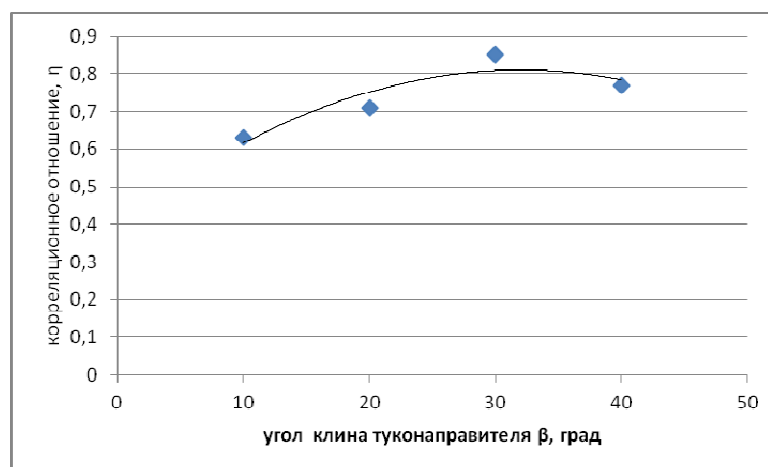


Рисунок 4.4 – Зависимость неравномерности заделки семян ( $\eta$ ) от угла клина туконаправителя ( $\beta$ , град)

Эффективность сеялки-культиватора оценивалась на полях опытного хозяйства БГСХА имени В.Р. Филиппова. Влажность почвы 20 %, плотность 0,95 МПа, норма высева семян 4,3—4,5 млн. шт. на 1 га. Опытные посевы закладывались в типичном 4-польном севообороте, где предшественником является пар. Рельеф однородный, равнинно-волнистый, почвы каштановые. В связи с этим проводился сравнительный посев зерновых культур серийной сеялкой СЗП-3,6А-02Б с экспериментальными сошниками. Качество распределения семян по площади питания и глубине заделки оценивали по ГОСТ 31345-2017. Обобщение данных по глубине заделки семян, полученных в результате испытаний, показывает преимущества экспериментального сошника. Для сошника сеялки СЗП-3,6А-02Б средняя глубина заделки семян  $X_{\text{общ}}$  составляет 0,0726 м при среднеквадратичном отклонении  $\sigma_{\text{общ}} = \pm 0,00648$  м и коэффициенте вариации  $V = 15,2$  %. У экспериментального же сошника при  $X_{\text{общ}} = 0,0673$  м среднеквадратичное отклонение  $\sigma_{\text{общ}}$  составляет  $\pm 0,00447$  м, а коэффициент вариации  $V = 12$  %.

Полагая закон распределения семян по глубине заделки нормальным, находим, что в слое почвы толщиной 10 мм сошник сеялки СЗП-3,6-02Б укладывает всего лишь 56,4 % семян на глубине от 0,0676 до 0,0776 м, а экспериментальный сошник — 82,6 % на глубине от 0,0623 до 0,0723 м. Анализируя полученные данные по правилу «трех сигм», также приходим к выводу в пользу экспериментального сошника: почти 100 % семян сошник сеялки СЗП-3,6А-02Б укладывает в слое 0,0688 м на глубине 0,0532—0,072 м, а экспериментальный сошник — в слое 0,0568 м на глубине 0,0539—0,0607 м.

Таблица 4.5 – Распределения семян по площади питания

Тип сошника	Расчетное число растений в одном квадрате $0,05 \times 0,05$ м, шт.	Содержание квадратов со средним расчетным числом растений, %	Процентное содержание квадратов $0,05 \times 0,05$ м с числом растений						
			70,00	9,27	6,73	6,55	4,91	1,45	1,10
Сошник СЗП-3,6А-02Б	1	9,27	70,00	9,27	6,73	6,55	4,91	1,45	1,10
Экспериментальный	1	26,73	52,73	26,73	12,55	5,82	1,08	0,73	0,36

Данные распределения семян по площади питания представлены в таблице 4.5 и наглядно показаны на рисунке 4. 4

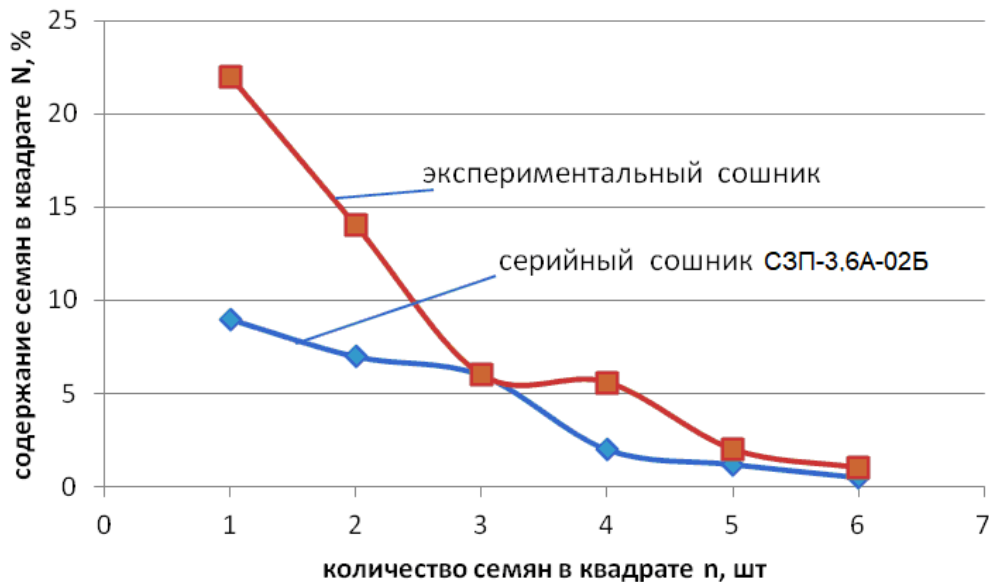


Рисунок 4.5 – Процентное содержание  $N$  квадратов  $0,05 \times 0,05$  м в зависимости от числа  $n$  семян в квадрате

По содержанию квадратов  $0,05 \times 0,05$  м со средним расчетным числом растений экспериментальный сошник в 2,88 раза превосходит серийный сошник сеялки СЗП-3,6А-02Б. Наличие свободных квадратов  $0,05 \times 0,05$  м у экспериментального сошника в 1,33 раза меньше, чем у серийного. Это связано с наличием скатной пластины – рассеивателя у экспериментального сошника.

Улучшение качества глубины заделки семян и равномерности распределения их по площади питания на легких супесчаных почвах достигаются экспериментальным сошником.

Проведенный анализ научно-исследовательских работ [45, 64, 65, 66] показывает, что в конструкции большинства существующих сеялок предусмотрен посев с одновременным внесением удобрений. Недостатком этого способа является непосредственный контакт семян гранулами удобрений, который приводит к нежелательным химическим воздействиям между ними и конкуренции по использованию почвенной влаги. Поэтому наиболее благоприятным является раздельное, то есть слой удобрений располагаются ниже семян [24, 25]. Это позволяет корням растений развиваться в направлении источника питания и полнее усваивать минеральные вещества.

Известно, что урожайность зерновых культур влияют в основном влага и питательные вещества в почве. Низкая полевая всхожесть зерновых объясняется тем, что посевной слой почвы часто находится в иссушенном состоянии и для получения всходов вынуждены глубину заделки семян увеличить до 6...8 см (до влажного слоя) [4, 6].

### **4.3. Обоснование конструктивных параметров комбинированного сошника**

Глубина заделки семян зерновых культур комбинированным сошником зависит от многих факторов. Поэтому лабораторные исследования проводились с применением методики планирования многофакторного эксперимента. Планирование эксперимента в первую очередь связано с установлением количественных связей между входными и выходными параметрами изучаемой системы. Выходные параметры, которые представляют целевую функцию и являются критериями оптимизации. Желательно, чтобы критерий оптимизации имел физический смысл и количественную оценку по форме, но и технологическим по содержанию. Нами, в качестве критерия оптимизации была выбрана неравномерность глубины заделки семян комбинированным сошником,

которая стремится к минимальному значению [10, 68, 77].

Целевая функция имеет вид:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (4.5)$$

где  $y$  - параметр (критерий) оптимизации;  $x_1, x_2, \dots, x_k$  — независимые переменные (факторы).

Из анализа исследований по данной тематике выбрано 6 факторов влияющих на глубину заделки семян:

$z$  - жесткость пружины, н/м;

$F_n$  - усилие, создаваемое пружиной, Н;

$V$  - скорость движения агрегата, м/с

$\beta$  - угол клина туконаправителя, град;

$h$  - расстояние между уровнями семян и удобрений, мм;

$l$  - длина поводка звена параллелограммного механизма, м;

При рассмотрении факторов влияющих на глубину заделки семян комбинированным сошником, и уровни их варьирования на основании априорной информации, а также исходя из задач исследований были выявлены наиболее важные которые представлены в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Факторы, влияющие на глубину заделки семян

Обозначение		Наименование факторов	Уровни варьирования	
кодир вид	натур вид		-1	+1
			$X_1$	$z$
$X_2$	$\beta$	угол клина туконаправителя, град;	20	40
$X_3$	$v$	скорость движения агрегата, м/с	1,5	2,5
$X_4$	$h$	расстояние между уровнями семян и удобрений, мм;	25	45
$X_5$	$l$	длина поводка параллелограммного механизма, мм;	270	300
$X_6$	$F_n$	усилие, создаваемое пружиной, Н;	200	240

Таблица 4.7 – Ранжирование факторов

Условное обозначение	Факторы	Уровень варьирования факторов		Значимость факторов по степени влияния на параметр оптимизации				
		нижний	верхний	1	2	3	4	5
$X_1$	усилие, создаваемое пружиной, Н;	200	240	5	3	5	5	6
$X_2$	угол клина туконаправителя, град;	20	40	3	4	2	3	2
$X_3$	скорость движения агрегата, м/с	1,5	2,5	4	1	4	2	3
$X_4$	расстояние между уровнями семян и удобрений, мм;	25	45	6	5	1	4	4
$X_5$	длина поводка параллелограммного механизма, мм;	270	300	1	6	6	6	5
$X_6$	жесткость пружины, Н/м;	6	12	2	2	3	1	1

Для нахождения интервалов оптимальных значений конструктивных параметров комбинированного сошника (усилие, создаваемое пружиной, угол клина туконаправителя, скорость движения агрегата), обеспечивающих равномерность распределения семян по глубине заделки, использовали почвенный канал, описанный в третьей главе.

После ранжирования и выбора значимых факторов целевая функция (4.5) имеет вид:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \quad (4.6)$$

Эксперименты проводились в почвенном канале кафедры "Механизация сельскохозяйственных процессов" ФГБОУ ВО БГСХА им. В.Р. Филиппова.

Для проведения экспериментов была построена матрица полного факторного эксперимента вида  $2^3$ .

Таблица 4.8 – Матрица экспериментов

№ п/п	$F_n$ - усилие, создаваемое пружиной, Н ( $x_1$ )	$\beta$ - угол заострения клина туконаправителя, град ( $x_2$ )	$v$ - скорость движения агрегата, м/с ( $x_3$ )	Корреляционное отношение, $\eta$
1	200	5	1,75	0,56
2	205	10	2	0,65
3	210	15	2,25	0,8
4	235	20	2,5	0,82
5	230	25	2,75	0,85
6	230	30	2,5	0,85
7	225	35	2,25	0,8
8	220	40	2	0,78
9	215	45	1,5	0,75

После обработки результатов многофакторного эксперимента на ПЭВМ получили адекватную математическую модель второго порядка, описывающую зависимость  $y = f(F_n, \beta, v)$  в закодированном виде:

$$y = 46,22 - 21,128 \cdot x_1 - 16,247 \cdot x_2 - 11,82 \cdot x_3 + 0,21 \cdot x_1^2 + 0,16 \cdot x_2^2 + 0,12 x_3^2 + 0,0013 x_1 x_2 + 0,0013 x_1 x_3 - 0,0015 x_2 x_3. \quad (4.7)$$

В дальнейшем проводился отсеивающий эксперимент, анализируя который получилась информация о значимости каждого параметра, это помогло исключить из дальнейшего рассмотрения малозначащие факторы и уменьшить объем дальнейших исследований. Планы проведения экспериментов и методики обработки результатов подробно описаны в литературных источниках, согласно которым проводились опыты и математическая обработка данных [10, 43, 44, 55, 49, 47, 48 ].

Для нахождения интервалов оптимальных значений конструктивных параметров комбинированного сошника, обеспечивающих равномерность распределения семян по глубине заделки, использовали почвенный канал, описанный в третьей главе.

#### 4.4. Результаты планирования полного факторного эксперимента

Проводим канонический анализ математических моделей, полученных от комбинаций взаимодействия факторов от глубины заделки семян и равномерности распределения семян

В результате получили нелинейное уравнение регрессии, которое описывает рассматриваемый процесс.

$$y = 46,22 - 21,128 \cdot x_1 - 16,247 \cdot x_2 - 11,82 \cdot x_3 + 0,21 \cdot x_1^2 + 0,16 \cdot x_2^2 + 0,12 x_3^2 + 0,0013 x_1 x_2 + 0,0013 x_1 x_3 - 0,0015 x_2 x_3. \quad (4.8)$$

Анализ данного уравнения по критерию Фишера показывает, что выбранные факторы можно считать значимыми с 95% -ной достоверностью.

Далее проводим анализ уравнения регрессии (3) с целью построения картинки в двух- или трехмерном пространстве.

1) рассмотрим  $X_1$  и  $X_2$  при  $X_3 = 0$  (нулевой уровень). Тогда получим уравнение

$$Y = 950,3465 - 63,3735X_1 - 9,1293X_2 + 2,9227X_1X_2 + 0,2644X_1^2 + 0,2956X_2^2 \quad (4.9)$$

Геометрическая поверхность отклика (рис. 4.9), характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от усилия, создаваемого пружиной ( $F_{п}$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) при скорости передвижения сошника ( $v$ ) на нулевом уровне.

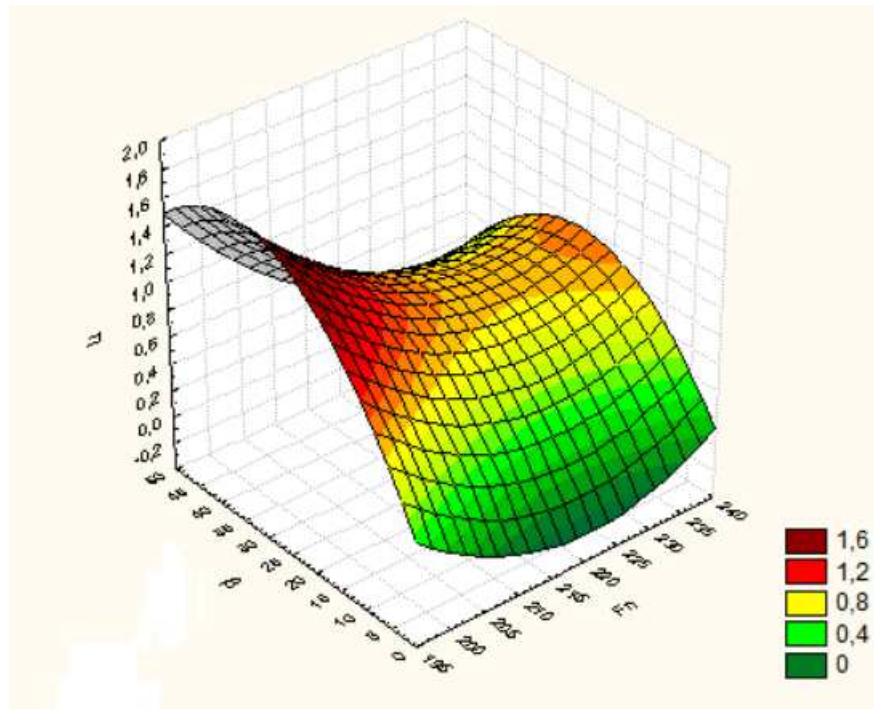


Рисунок 4.9 – Поверхность отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ).

Данное уравнение в геометрическом образе можно представить в виде «седла» - типа минимакса.

2) рассмотрим влияние факторов  $X_1$  и  $X_3$  на равномерность распределения семян по глубине заделки при стабилизации  $X_2$  на нулевом уровне. Тогда получим уравнение регрессии второго порядка

$$Y = 101,4577 - 1,6634 X_1 - 36,2523 X_3 + 0,0688 X_1 X_3 + 0,326 X_1^2 + 5,84662 X_3^2 \quad (4.10)$$

Геометрическая поверхность отклика (рис. 4.10), характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от усилия, создаваемого пружиной ( $F_n$ ), скорости передвижения сошника ( $V$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) на нулевом уровне.

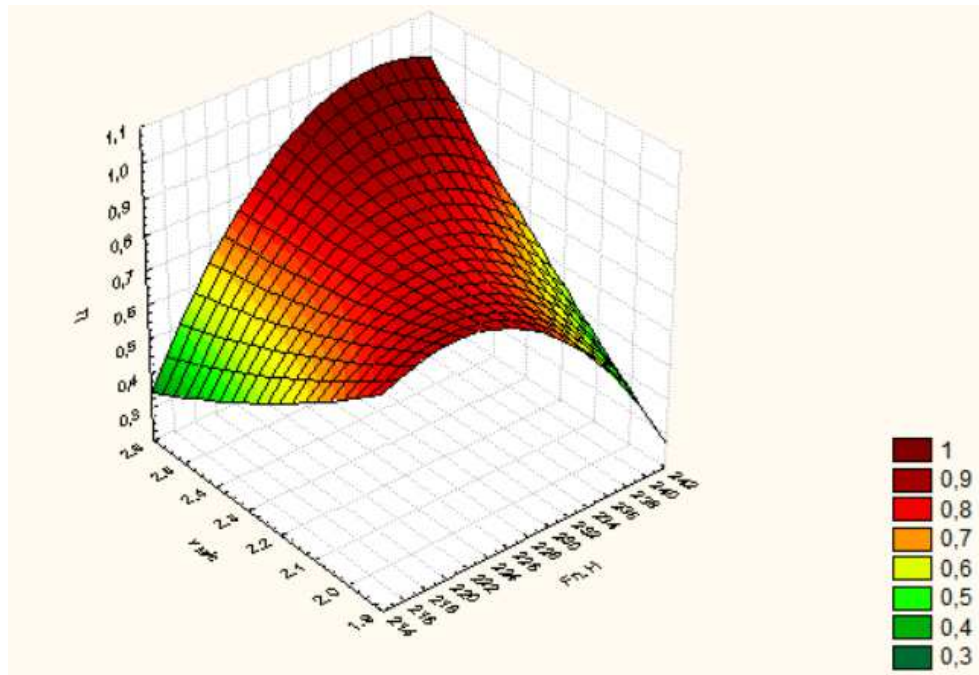


Рисунок 4.10 – Поверхность отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и скорости передвижения ( $V$ ).

С учетом известной классификации поверхностей второго порядка установили вид гиперболического параболоида, что соответствует поверхности типа минимакса.

3) рассмотрим влияние факторов  $X_2$  и  $X_3$  на плотность почвы после прохода катка при стабилизации  $X_1$  на нулевом уровне. Тогда получим уравнение регрессии второго порядка

$$Y = 42,9868 + 3,103 X_2 - 44,6 X_3 - 0,040 X_2 X_3 + 0,1813 X_2^2 + 6,3674 X_3^2 \quad (4.11)$$

Геометрическая поверхность отклика (рис. 4.11) показывает корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) и скорости передвижения сошника ( $V$ ) при ( $F_n$ ) на нулевом уровне.

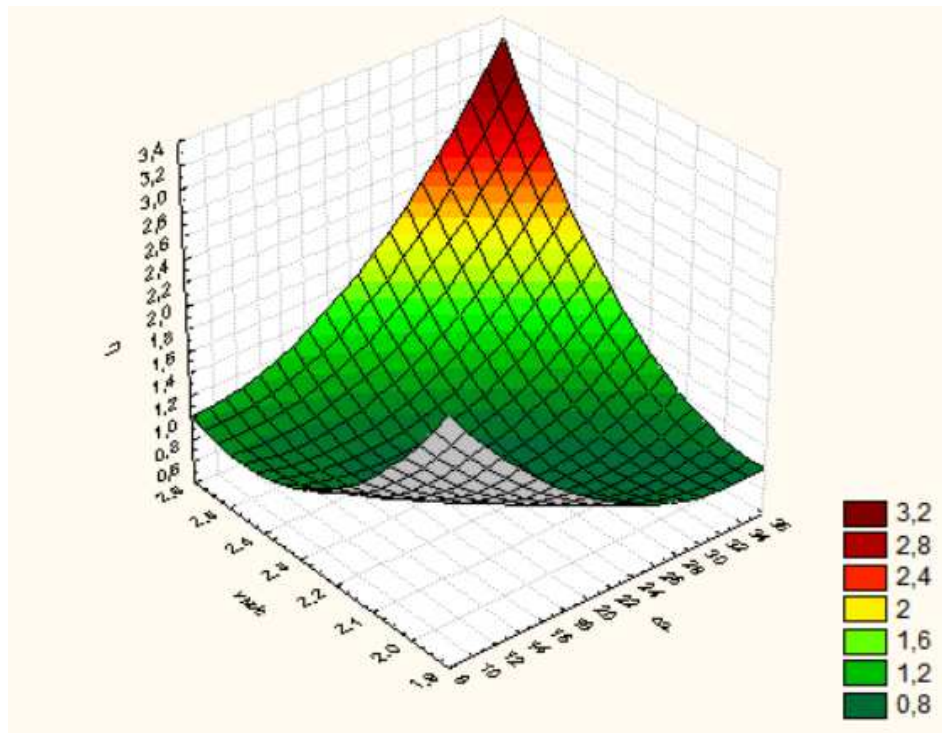


Рисунок 4.11 – Поверхность отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $z$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от скорости передвижения ( $V$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ).

Интерпретация результатов исследования облегчается при изучении поверхности отклика с помощью двумерных сечений.

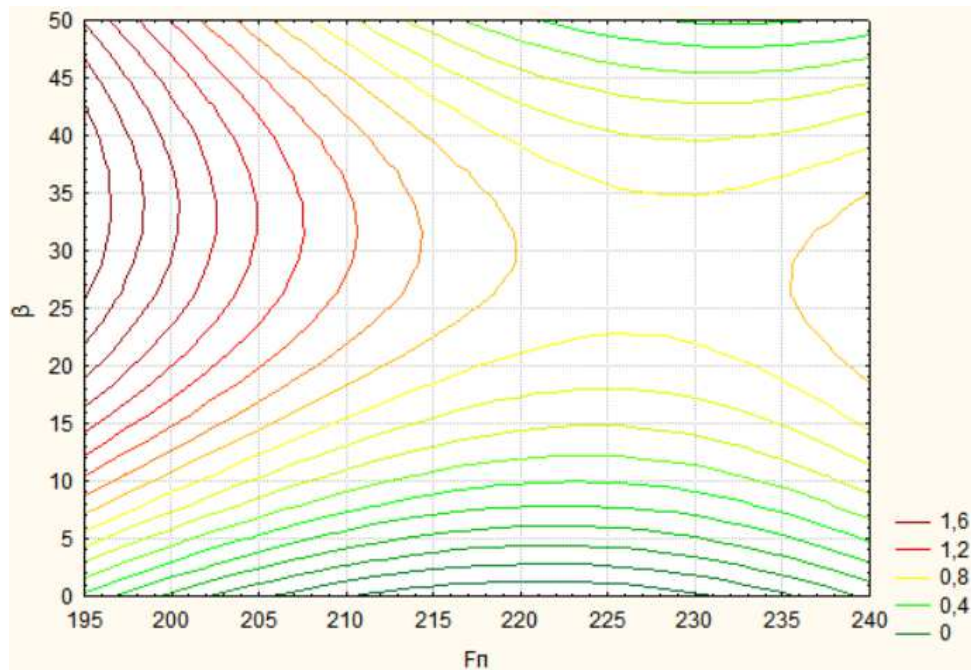


Рисунок 4.12– Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ )

Данное уравнение в геометрическом образе выглядит в виде эллипсоида вращения, т.е. поверхность отклика имеющий экстремум.

Анализ исследования облегчается приемом из серии двумерных сечений.

Рассмотрим корреляционное отношение, характеризующее глубину заделки семян в зависимости от  $X_1$  и  $X_2$  при стабилизации  $X_3$  на нулевом уровне (рис. 4.13).

Анализ сечений показывает оптимум корреляционного отношения  $\eta=0,8$  при значениях: усилие, создаваемое пружиной  $F_{\text{п}}=227$  Н; угол клина туконаправителя  $\beta=28^\circ$ .

Рассмотрим коэффициент корреляции, характеризующее глубину заделки семян в зависимости от  $X_1$  и  $X_3$  при стабилизации  $X_2$  на нулевом уровне (рис. 6).

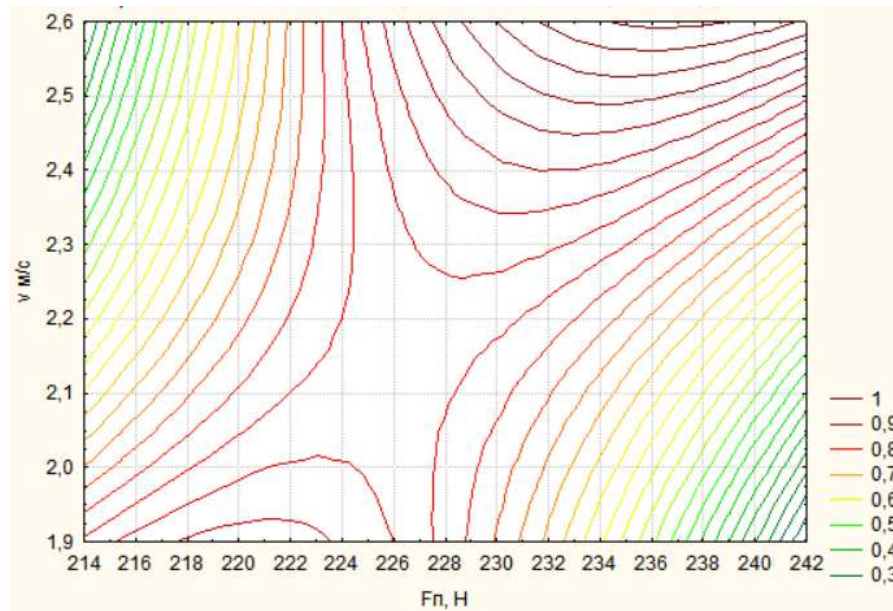


Рисунок 4.13 – Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционного отношения ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_{\text{п}}$ ) и скорости передвижения ( $V$ ).

Анализ сечения поверхности отклика показал, что оптимальное значение корреляционного отношения  $\eta=0,8$  может быть обеспечена при следующих факторов: усилие, создаваемое пружиной  $F_{\text{п}}=228$  Н; скорость передвижения  $V=2,15$  м/с.

Рассмотрим корреляционное отношение, характеризующее глубину заделки семян в зависимости от  $X_2$  и  $X_3$  при стабилизации  $X_1$  на нулевом уровне (рис. 4.14).

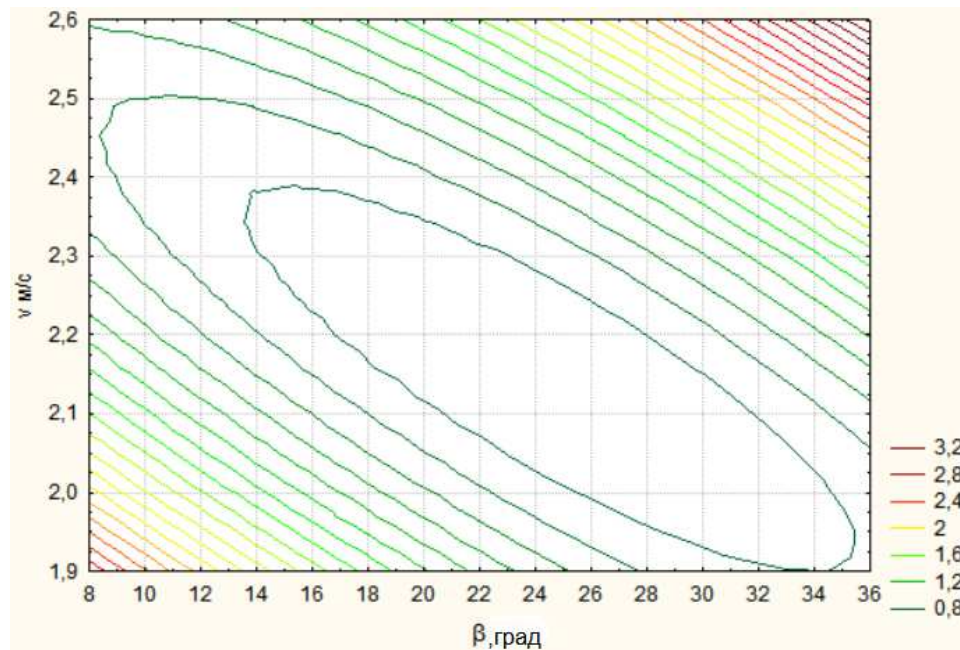


Рисунок 4.14 – Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) и скорости передвижения сошника ( $V$ )

Анализ сечения показал, что оптимальные значения корреляционного отношения  $\eta=0,8$  учитывающего неравномерность глубины заделки семян может быть обеспечена при следующих факторов: угол клина туконаправителя  $\beta=24^\circ$ ; скорость передвижения  $v=2, 16$  м/с;

### Выводы по главе

1. Теоретическими исследованиями установлена экспонентная зависимость угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения ( $\varphi_0$ ), который влияет на устойчивость хода сошника в вертикальной плоскости. Обработка экспериментальных исследований позволила разработать модели оптимальных условий протекания технологического процесса, в частности устойчивости хода сошника в продольно-вертикальной плоскости, которая тесно коррелируется с неравномерностью глубины заделки семян.

2. Лабораторно-полевые исследования позволила выявить, что неравномерность распределения семян при посеве на глубину 7 см находятся в достаточно тесной связи с включенными в модель параметрами и допускаемое отклонение составляет  $\pm 1$  см, что соответствует агротехническим требованиям.

3. Корреляционное отношение  $\eta=0,8$  соответствует следующим рациональным параметрам: усилие, создаваемой пружиной  $F_{\text{п}} = 220 \dots 228$  Н, угол клина туконаправителя  $\beta = 24 \dots 30$  град и скорость передвижения агрегата  $V = 2,0 \dots 2,15$  м/с. Взаимная теснота связи всех трех параметров достаточно сильная, откуда следует вывод о понятной функциональной связи, выражаемой представленными уравнениями.

## 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА

Экономическая эффективность определялась в сравнении с серийной стерневой сеялкой СЗП-3,6А-02Б с учетом трудовых затрат и прямых издержек на 1 га засеваемой площади.

Таблица 5.1 – Исходные данные для определения экономической эффективности

показатели	обозначения	Серийная сеялка СЗП-3,6А-02Б	сеялка СЗП-3,6А-02Б с экспериментальными сошниками
Рабочая ширина захвата, м	$b$	3,6	3,6
Средняя рабочая скорость, км/ч	$v$	7	7
Коэффициент использования времени смены	$\tau$	0,7	0,7
Время смены, ч	$T_{см}$	7	7
Балансовая стоимость: трактор сеялка	$C_T$ $C_M$	358000 200000	358000 200000
Нормы ежегодных амортизационных отчислений: по машине	$a_m$	12,0	12,0
Нормы отчислений на ремонт и ТО: сеялка	$p_m$	70,71	84
Удельный расход топлива, кг/га	$y$	3,2	3,2
Срок службы машины		8	8

### 5.1 Прямые эксплуатационные затраты денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки

$$Z_{\text{эксп}} = Z_{\text{о.т}} + Z_{\text{гсм}} + Z_p + A_o + I_{\text{вм}} \quad (5.1)$$

где  $Z_{\text{о.т}}$  –затраты на оплату труда обслуживающего персонала, НДЕ/ед.наработки;

$Z_{\text{гсм}}$  –затраты на оплату горюче-смазочных материалов, НДЕ/ед.наработки;

$Z_p$  –затраты на ремонт и техническое обслуживание, НДЕ/ед.наработки;

$A_o$  –амортизационные отчисления, НДЕ/ед.наработки;

$I_{BM}$  –издержки на вспомогательные технологические материалы, НДЕ/ед.наработки;

$$Z_{\text{эксп}}=142,3+96576+115,94+8400,0=8667,81 \text{ руб}$$

### 5.1.1 Производительность техники за 1ч эксплуатационного времени

$W_{\text{эк}}$ :

$$W_{\text{эк}} = W_o \left( \frac{1}{K_{\text{см}}} + \frac{1}{K_{\Gamma}} - 1 \right); \quad (5.2)$$

где  $W_o$  –производительность техники за 1 ч основного времени за контрольных смен, ед.наработки

$K_{\text{см}}$  –коэффициент использования сменного времени техникой за период контрольных смен

$K_{\Gamma}$  –коэффициент готовности техники по оперативному времени.

$$W_{\text{эк}} = W_o \left( \frac{1}{0,82} + \frac{1}{1,9} - 1 \right) = 0,74$$

$$W_{\text{эк}} = 1,8 \left( \frac{1}{0,9} + \frac{1}{2,0} - 1 \right) = 1,1$$

### 5.1.2 Затраты труда на проведение посевных работ

$$Z_{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{мех}}}{W_{\text{см}}}; \quad (5.3)$$

$$Z_{\text{тр}} = \frac{3}{18} = 1,66 \text{ руб.}$$

где  $\lambda_{\text{мех}}$  –количество основного и вспомогательного персонала, чел;

$W_{\text{см}}$  –производительность техники за 1 ч сменного времени;

### 5.1.3 Затраты денежных средств на оплату труда обслуживающего персонала

$$Z_{o,t} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{мех}}} \lambda_k \tau_k K_z}{W_{\text{см}}}; \quad (5.4.)$$

где  $\lambda_k$  – количество обслуживающего персонала, чел;

$\tau_k$  – коэффициент учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты

$n_{\text{мех}}$  – число обслуживающего персонала, чел

$K_3$  – коэффициент учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты

$n_{\text{мех}}$  – число обслуживающего персонала, чел.

$$Z_{o.t} = \frac{3 \cdot 12 \cdot 30}{1,8} = 600 \text{ руб}$$

#### 5.1.4 Затраты на ГСМ

$$Z_{\text{ГСМ}} = g_T \cdot C_T \cdot K_{\text{см.м}}; \quad (5.5)$$

$$Z_{\text{ГСМ}} = 3,2 \cdot 47,5 \cdot 0,063 = 9,576 \text{ руб.}$$

где  $g_T$  – удельный расход моторного топлива, кг

$C_T$  – цена моторного топлива, НДЕ/кг

$K_{\text{см.м}}$  – коэффициент учета цены смазочных материалов

Затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^{n_m} B_{m_i} \cdot K_{p_i}}{W_{\text{эк}}} 10^{-4}; \quad (5.6)$$

$$Z_p = \frac{200000 \cdot 7,78}{0,74} 10^{-4} = 115,94 \text{ руб}$$

где  $n_m$  – число техники входящих в МТА, шт.

$B_{m_i}$  – цена техники, НДЕ

$K_{p_i}$  – значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание на 100 ч. Ее работы, %

$W_{\text{эк}}$  – производительность техники на посевных работах за 1 ч. эксплуатационного времени, ед.наработки

### 5.1.5 Амортизационные отчисления

$$A_i = \frac{1}{W_{\text{ЭК}}} \sum_{i=1}^{n_M} \frac{B_M}{R_M}; \quad (5.7)$$

$$A_i = \frac{1}{0,74} \sum_{i=1}^{n_M} \frac{200000}{819} = 330,0 \text{ руб}$$

где  $R_M$  – значение амортизационного ресурса техники, ч

### 5.1.6 Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы

$$I_{\text{вм}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{вм}}} g \cdot C_{\text{вм}}; \quad (5.8)$$

$$I_{\text{вм}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{вм}}} 12 \cdot 700 = 8400 \text{ руб}$$

где  $g$  – удельный расход вспомогательного технологического материала, кг, шт  
 $C_{\text{вм}}$  – цена единицы вспомогательного технологического материала, НДЕ/кг, шт  
 $n_{\text{вм}}$  – число наименований вспомогательного материала, шт

## 5.2 Затраты денежных средств на выполнение единицы наработки

$$Z_{\text{ЭК}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{ГСМ}} + Z_{\text{р}} + I_{\text{вм}}; \quad (5.9)$$

$$Z_{\text{ЭК}} = 142,3 + 9,576 + 115,94 + 8400 = 8667,81 \text{ руб}$$

## 5.3 Показатели ресурсосбережения

### 5.3.1 Затраты на годовой фактический объем работы

$$Z'_{\text{сов.тех}} = Z'_{\text{сов}} F';$$

$$Z'_{\text{сов.тех}} = 8667,81 \cdot 155,4 = 133831 \text{ руб} \quad (5.10)$$

где  $F'$  – годовой фактический объем работы новой техники, ед. наработки.

### 5.3.2 Годовой фактический объем работы новой техники с учетом агротехнических сроков

$$F' = W_{\text{эк}} \cdot n_{\text{агр}} \cdot t_T \quad (5.11)$$

$$F'_n = 0,74 \cdot 30 \cdot 7 = 155,4$$

$$F = W_{\text{эк}} \cdot n_{\text{агр}} \cdot t_T = 1,1 \cdot 30 \cdot 7 = 231,0$$

где  $n_{\text{агр}}$  – агротехнический срок выполнения работы, дней

$t_T$  – возможное время работы техники в сутки, ч

### 5.3.3 Годовая потребность в технике на выполнение работ

$$N'_{\text{мех}} = \frac{F'_y}{F'_z} = \frac{231,0}{155,4} = 1,48 \quad (5.12)$$

### 5.3.4 Годовая потребность в обслуживающем персонале

$$\lambda'_{\text{мех}} = \lambda_{\text{мех}} \cdot n_{\text{см}} \cdot N'_{\text{мех}} = 3 \cdot 2 \cdot 1,48 = 9 \quad (5.13)$$

где  $n_{\text{см}}$  – число смен работы обслуживающего персонала в теч. суток, шт

### 5.3.5 Годовая потребность в моторном топливе

$$Q_T^r = gF'_y = 3,2 \cdot 155,4 = 497,28 \quad (5.14)$$

### 5.3.6 Капиталовложения на выполнение посевных работ

$$K_{\text{МТА}} = N'_{\text{тех}} (B_{\text{ЭН}} + B_{\text{СХМ}} + n_{\text{СХМ}}); \quad (5.15)$$

$$K_{\text{МТА}} = 1,48 (378000 + 200000 + 2) = 855442 \text{ руб}$$

где  $B_{\text{ЭН}}$  – цена энергосредства, НДЕ

$B_{\text{СХМ}}$  – цена сельхозмашины, НДЕ

$n_{\text{СХМ}}$  – число сельхозмашин в МТА, шт

## 5.4 Годовая экономия совокупных затрат денежных средств

Годовая экономия совокупных затрат в расчете на годовой фактический объем работы техники:

$$\mathcal{E}_{\text{э.тех}} = Z'_{\text{сов.тех}}^a - Z'_{\text{сов.тех}}^n; \quad (5.16)$$

$$\mathcal{E}_{\text{э.тех}} = 66395 \text{ руб}$$

где  $Z'_{\text{сов.тех}}^a, Z'_{\text{сов.тех}}^n$  – совокупные затраты в расчете на годовой фактический объем работы техники, по серийной сеялки и экспериментальной сеялки

### 5.4.1 Годовая экономия затрат в расчете на выполнение работ техникой

$$\mathcal{E}_{z.p} = Z'_{сов.p}{}^a - Z'_{сов.p}{}^н = 66395 \text{ руб} \quad (5.17)$$

где  $Z'_{сов.p}{}^a$ ,  $Z'_{сов.p}{}^н$  -совокупные затраты в расчете на годовой условный объем серийной сеялки и экспериментальной сеялки

### 5.4.2. Снижение себестоимости выполнения работы $m_c$ , % определяют:

$$m_c = \frac{Z'_{сов.p}{}^н - Z'_{сов.p}{}^a}{Z'_{сов.p}{}^a} \cdot 10^2; \quad (5.18)$$

$$m_c = \frac{200226 - 133831}{133831} \cdot 10^2 = 49\%$$

### 5.4.3. Срок окупаемости капиталовложений при выполнении годового объема работы $S_k^н$

$$S_k^н = \frac{F_y N_m}{W_{см}^н \mathcal{E}_{z.p.р.б}} \left( \frac{B_{эн}^н}{R_{эн}^н} + \frac{B_{схм}^н}{R_{схм}^н} n_{схм} \right); \quad (5.19)$$

$$S_k^н = \frac{155,4 \cdot 1,48}{1,78 \cdot 66395} \left( \frac{358000}{70,71} + \frac{200000}{84} \cdot 2 \right) = 4,32$$

где  $W_{см}^н$  -производительность нового энергосредства

$B_{эн}^н$  -цена новой сельхозмашины

$R_{эн}^н$  -амортизационный ресурс нового энергосредства, ч

$R_{схм}^н$  -амортизационный ресурс новой сельхозмашины, ч

Таблица 5.3 – Показатели экономической оценки

Наименование показателей	Значения показателей	
	СЗП-3,6А-0,2Б	СЗП-3,6А-0,2Б экспериментальными сошниками
Производительность МТА за 1ч сменного времени	4,2	4,2
Удельный расход моторного топлива	3,2	3,2
Совокупные затраты денежных средств, всего		
В том числе		
-затраты на оплату труда; руб/га	142,3	142,3
-затраты на ГСМ	9,576	9,576
-затраты на ремонт, техническое обслуживание руб/га	115,94	115,94
-амортизационные отчисления руб/га		330,0

Таблица 5.4 – Показатели ресурсосбережения

Наименование показателей	Значения показателя по	
	СЗП-3,6А-02Б	СЗП-3,6А-02Б экспериментальными сошниками
Совокупные затраты денежных средств на годовой фактический объем работы новой технике	653,67	703,15
Годовой условный объем, ед. наработки	231,0	155,4
Совокупные затраты денежных средств на годовой условный объем работ,		
Потребность капиталовложений,		358000
Потребность в обслуживающем персонале, чел	3	3

Таблица 5.5 – Показатели сравнительной экономической эффективности

Наименование показателя	Значение показателя по новой технике
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, НДЕ	66395
Снижение себестоимости выполнения работы, %	49
Срок окупаемости капиталовложений, лет	4

Годовой экономический эффект от внедрения зерновой сеялки СЗ-3,6А-02Б с предлагаемыми сошниками при нормативной годовой загрузке составляет 66395 руб.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ существующих конструкций сошников сеялок для послойного посева семян зерновых культур и внесения удобрений показал, что, несмотря на их многообразие конструкций сошников, не всегда обеспечиваются равномерное распределение семян по глубине посева. Этот недостаток, возможно, устранить за счет обоснования конструктивных параметров комбинированного сошника включающего параллелограммную навеску, который обеспечивает устойчивость движения в вертикальной плоскости, что сказывается на улучшении равномерности заделки семян по глубине.

2. Теоретическими исследованиями разработана экспонентная зависимость угла отклонения параллелограммной подвески сошника от равновесного положения ( $\varphi_0$ ), который определяется экспериментальным путем с учетом значений высоты подвеса и длины поводка. Выявлено, что сошник при угле отклонения параллелограммного механизма  $\varphi = \pm 1,48$  град от равновесного положения  $\varphi_0 = 60$  град, высоте подвеса – 0,37м, длине поводка – 0,4 м позволяет улучшить распределение семян на глубине посева 6 - 7 см.

3. Разработана математическая модель функционирования сошника для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян, обеспечивающего оптимальное размещение по глубине заделки и выявления закономерностей взаимосвязей от комбинации параметров для описания области оптимума, позволяющих обеспечить наиболее полное удовлетворение агротехнических требований. По результатам полных факторных экспериментов получено среднее значение глубины заделки семян  $h = 6,97$  см., при значении факторов: усилие, создаваемой пружиной  $F_{\text{п}} = 220 \dots 228$  Н, угол клина туконаправителя  $\beta = 24 \dots 30$  град и скорость передвижения агрегата  $V = 2,2 \dots 2,6$  м/с.

4. Обработка экспериментальных исследований позволила выявить, что неравномерность глубины заделки семян на глубину 7 см находится в достаточно тесной связи с включенными в модель параметрами. Так, теснота связи между

неравномерностью глубины заделки семян и параметрами сошника в виде корреляционного отношения составляет  $\eta=0,8$ . Причем общая дисперсия составляет  $\sigma_{об д} = 0,9$  см, межгрупповая дисперсия  $\sigma_{г д} = 0,72$  см при скорости движения сошника  $v=2,5$  м/с

5. Производственные испытания позволили установить эффективность зерновой сеялки с модернизированными сошниками при посеве зерновых культур: повышение полевой всхожести за счет улучшения усвояемости удобрений приводит к сокращению срока появления всходов на 2...3 дня, в интервале глубины заделки семян 0,06...0,07 м. размещено 87 % общего количества семян против 75 % семян, заделанных серийным сошником, что дает прибавку урожая на 13...15 %. Годовой экономический эффект от внедрения зерновой сеялки СЗ-3,6А-02Б с предлагаемыми сошниками при нормативной годовой загрузке составляет 66395 руб.

**Рекомендации производству.** Полученные результаты могут быть использованы при проектировании сошников зерновых сеялок для посева с внесением удобрений ниже уровня семян в условиях сухой степи Забайкалья.

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** В дальнейшем планируется провести исследования новых разработанных конструкций сошников для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян, обосновать их конструктивные параметры и оценить на предмет выполнения агротехнических требований посева, а также провести теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию конструктивных параметров параллелограммного механизма.

**Библиографический список**

1. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве / Н.В. Алдошин// Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1 . – С.34-36
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. /В.И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1980. –560 с..
3. Аванькина А. С., Голубев В. В., Фирсов А. С. Исследование взаимодействия комбинированного сошника с почвой // Вестник НГИЭИ. 2017. № 3 (70). С. 15□22.
4. Батудаев А.П. Системы земледелия: учебное пособие для агровузов / Батудаев А.П, Б.Б. Цыбиков. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2008. –132 с.
5. Батудаев А.П. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Бурятии: учебное пособие для агровузов / А.П. Батудаев, В.Б. Бохиев, Б.Б. Цыбиков. – Улан-Удэ, изд-во БГСХА, 2009. – 110 с.
6. Богомазов С.В. Зависимость влажности почвы от средней плотности и общей скважности пахотного слоя / С.В. Богомазов, С.М. Надежкин, В.В. Манейлов // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 7. – С. 28-29.
7. Боков Д.В. Определение плотности почвы на дне борозды, образованной сошником // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 5. – С. 31.
8. Бондарев А.Г. Изменение физических свойств и плодородия почв Нечерноземья под воздействием ходовых систем // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. - № 5. – С. 8-10.
9. Бондарев А.Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А.Г. Бондарев, В.В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 1980. – Т. 23. – С. 85-98.
10. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка данных / Г.В. Веденяпин. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1973. –200с.

11. Власов Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1968. –233 с.
12. Габаев А.Х. Конструктивно-технические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Габаев Алий Халисович; [Место защиты: С.-Петербур. гос. аграр. ун-т]. - Нальчик, 2017. - 144 с. : ил.
13. ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 119 с.
14. ГОСТ 23728-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 3 с.
15. ГОСТ 26711-89. Сеялки тракторные общие технические требования. - М.: Изд-во стандартов, 1991.- 11 с.
16. ГОСТ 23729-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки специализированных машин. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.
17. ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 26с.
18. ГОСТ 26244-84. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8с.
19. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2008. – 54с.
20. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Текст]. – Введ. 1 сентября 2019. – М. : Стандартиформ, 2018. – 15 с
21. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х т. /В.П. Горячкин. – 2-е изд. М.: Колос, 1968
22. Гужин, И. Н. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров

- сошника для подпочвенного разбросного посева : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 13.09.03 / Гужин Игорь Николаевич. – Пенза, 2003. – 20 с.
23. Гужин, И. Н. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров сошника для подпочвенного разбросного посева : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Гужин Игорь Николаевич. – Кинель, 2003. – 150 с.
24. Демчук, Е. В. Определение качества распределения семян зерновых культур двухленточным сошником / Е. В. Демчук, Ю. В. Демчук // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2013. – № 5. – С. 41–42.
25. Демчук Е.В. Исследования равномерности распределения семян зерновых культур комбинированным сошником [Текст] /Е.В. Демчук, А.С. Союнов, В.В. Мяло, П.В. Чуприн// Омский научный Вестник, №1, 2015 –С. 105 -110
26. Демчук Е.В., Мяло В.В. Сравнительный анализ агротехнических характеристик посевных комплексов, оборудованных лаповыми сошниками // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2016. -№3(6) июль - сентябрь.
27. Дмитренко А.И., Бурьянов А.И., Горячев Ю.О. Несущие и технологические системы для построения сельскохозяйственных агрегатов // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 5. – С. 19–31.
28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
29. Ежевский А.А. Техническая и технологическая обеспеченность с.-х. производства России на 2013-2020 годы // Сельхозмашины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 3–6.
30. Жилкин В.А. Решение задач земледельческой механики в MathCAD : [учебное пособие для вузов по специальности 190206 Сельскохозяйственные машины и оборудование»] /В.А. Жилкин ; М-во сел. Хоз-ва Рос.Федерации, Департамент науч-технол. Политики и образования, Челяб. Гос. агроинженер. акад. –Челябинск : ЧГАА, 2010. -410 с. ил ;

31. Зими́на О.Г. Обзор конструкций комбинированных сельскохозяйственных машин и агрегатов //Инженерное обеспечение и технический сервис в АПК Материалы научно-практической конференции посвященной 80-летию академии и 50-летию инженерного факультета изд-во ФГОУ ВПО БГСХА 2011. -С. 45-48
32. Зими́на О.Г. Анализ посевных машин для послойного внесения удобрений и посева семян зерновых культур // Сборник научных трудов. Серия: Технология и средства механизации в АПК, выпуск 9, Улан-Удэ : изд-во ФГБОУ ВПО ВСГУТУ, 2013. – С 29-34
33. Зими́на О.Г., Тыски́нцев Д.О. Разработка рабочего органа для послойного посева семян зерновых культур и внесения удобрений, Сборник научных трудов серия: Технология и технические средства в АПК, выпуск 10, Улан-Удэ : изд-во ВСГУТУ, 2013. – С 53-58
34. Зими́на О.Г. Обоснование конструктивно-технологических параметров комбинированного сошника, Сборник научных трудов серия: Технология и технические средства в АПК, выпуск 11, Улан-Удэ : изд-во ВСГУТУ, 2015. С 44-47
35. Зими́на О.Г., Серге́ев Ю.А., Ба́дмацыренов Д.Б. / Инженерное обеспечение и технический сервис в АПК материалы международной научно-практической конференции посвященной 80 –летию д.т.н. проф. Серге́ева Ю.А./ Улан-Удэ : изд-во БГСХА, 2019. – С 56-63
36. Исе́нов К.Г. Обоснование конструктивных и технологических параметров сошника для раздельного внесения минеральных удобрений : диссертация...доктора философии – Астана, 2017.- 100с. : ил
37. Кала́шников С.С. Разработка и обоснование параметров рассеивателя семян дискового сошника для посева зерновых культур : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Кала́шников Серге́й Серге́евич; [Место защиты: ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук]. - Новосибирск, 2020. - 185 с. : ил.

38. Кем А.А. Равномерный высев мелкосеменных культур/А.А. Кем, Д.Н. Алгазин//Сельский механизатор. -2009. -№ 10. -С.12-13.
39. Колинько А.А. Параметры и режимы процесса посева зерновых культур с одновременным внесением минеральных удобрений : автореф. дис. ...канд.тех.наук./А.А. Колинько. –Ростов-на-Дону,2020 -19 с.
40. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. 2-е изд.перераб. доп. – М.: Колос, 1980. - 671с
41. Кобяков И.Д., Шевченко А.П., Евченко А. В. Зерновая сеялка для полосного посева // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 12.
42. Ковриков, И. Т. Основы разработки широкозахватных стерневых сеялок / И. Т. Ковриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №6. – С. 41-44.
43. Кокошин С.Н., Созонов С.М. Экспериментальные исследования культиваторных стоек с изменяемой жесткостью // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 11-1. – С. 82-86; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41902> (дата обращения: 05.06.2021).
44. Кононюк А.Е. Основы научных исследований (общая теория эксперимента) Монография. – Киев: Освіта України, 2011. — 456 с.
45. Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. и др. Основы научных исследований: учебник для техн. вузов / под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.: ил.
46. Кузнецов С.А. Анализ конструкций универсальных почвообрабатывающе-посевных машин / Кузнецов С.А, Гужин И.Н //Актуальные агроинженерные проблемы АПК: сб. науч. тр. Поволжской межвузовской конференции. – Самара, 2001. – С.91-94
47. Курбанов Р.Ф. Широков Г.В. Совершенствование конструктивно-технологической схемы фрезерного сошника комбинированной сеялки для полосного посева семян с/х. культур /Улучшение экспл. показателей

- сельскохозяйственной энергетики / Вят. Гос. с.-х. академия. – Киров, 2009. – Вып. 10 С. 67-70
48. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Татаров Г.Л. Исследование рабочих органов гребневой сеялки в лабораторных исследованиях // Вестник Ульяновской ГСХА, 2015, №3 (31) – С.121-125
49. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Татаров Г.Л. Оптимизация параметров и режимов работы сошника для разноуровневого высева семян и удобрений // Вестник Ульяновской ГСХА, 2015, №4 (32) – С. 195-200
50. Ларюшин, Н. П. Теоретические и экспериментальные исследования процесса посева семян зерновых культур комбинированным сошником сеялки культиватора. Теория, конструкция, расчет : монография / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев, – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 125 с.
51. Любушко Н.И. Зерновые сеялки на выставке СИМА-2003 / Н.И. Любушко // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – №4. – С. 50-53
52. Лурье А.Б. Динамика регулирования навесных сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Машиностроение, 1969. – 287 с.
53. Лурье А.Б., Громбчевский А.А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин Л., Машиностроение, 1977. – 528 с.
54. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 382 с.
55. Мальцев, В.В. Совершенствование технологии и средств механизации при возделывании зерновых в Западной Сибири : монография / В.В. Мальцев. – Омск : Изд-во ОмГАУ, 2004. – 116 с.
56. Мачнев А.В., Влияние поперечных смещений комбинированного сошника на качество посева / А.В. Мачнев // Нива Поволжья. -2010.-№4. – С. 41-44
57. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С. В. Мельников, В.Р. Алешкин, П. М. Рощин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: КОЛОС, 1980. – 168 с.

58. Методологические основы совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин : моногр. /И. Д. Кобяков [и др.]. – Омск : ОмГАУ, 2012. – 144 с
59. Механизированная технология разноглубинного посева пропашных культур [Текст] : монография / И. С. Мартынов, М. Н. Шапров ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет". - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. - 107 с.
60. Митков А.Л., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. –М. : Машиностроение, 1978. –360 с.
61. Мударисов С.Г., Аминов Р.И., Фархутдинов И.М., Мухаметдинов А.М. Рабочий орган для разноуровневого внесения удобрений и посева семян. // Сельский механизатор. 2019. № 5. С. 8-9.
62. Мударисов С.Г. Обоснование конструктивно-технологических параметров комбинированного сошника/С.Г. Мударисов, А.М. Мухаметдинов// Материалы всероссийской научн. практ. конф. с междунауч. участием в рамках XXII Международной специал. выставки "АгроКомплекс-2012". – Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2012 – С. 372–375.
63. Мухаметдинов А.М. Разработка комбинированного сошника для разноглубинного внесения удобрений и посева семян: автореф. дис. ... канд. техн. наук./ А. М. Мухаметдинов. – Уфа, 2012. – 20 с.
64. Мухаметдинов А.М. Разработка комбинированного сошника для разноглубинного внесения удобрений и посева семян: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 /Мухаметдинов АйратьМидхатович; [Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т]. - Уфа, 2012. - 159 с. : ил.

65. Несмиян А. Ю. Технические характеристики и агротехнические показатели работы почвообрабатывающих агрегатов [Текст] / А. Ю. Несмиян // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 6. – С. 58–64.
66. Новая технология посева зерновых двухленточным сошником / Е.В. Демчук, А.В. Евченко // Тракторы и с.-х. машины. – № 11. – 2008. – С. 23–24.
67. Ногтиков, А. А. Разработка и обоснование параметров комбинированных рабочих органов сеялок для внутрпочвенно-разбросного посева : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Ногтиков Анатолий Алексеевич. – Оренбург, 1995. – 238 с.
68. Обоснование Конструктивно-технологической схемы сошника анкерного типа / Н. Ф. Скурятин, [и др.]. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3. – С. 64-68.
69. Овчинников, В. А. Комбинированный сошник для Широкорядного посева. / В. А. Овчинников, М. Н. Чаткин. // Сельский механизатор. – 2016. – № 9. – С. 4-5.
70. ОСТ 70.5.1–82. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программы и методы испытаний.
71. ОСТ. 70.5.1 - 82. Посевные машины. Программа и методика испытания.
72. ОСТ 70.5.1 - 83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей.
73. ОСТ 10.5.1 - 2000. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей.
74. Пат. на полезную модель РФ №155428. АО/С 7/02. Сошник комбинированный. Сергеев, Ю.А., Зимина, О.Г., Тыскенеев, Д.О., Галсанов, Б.К., №2014142613 заявл. 16.10.2014 Оpubл. 10.10.2015 Бюл. №28.
75. Пат. 2366145 Российская Федерация, МПК А01С7/20 / Комбинированный почвообрабатывающее-удобрительно-посевной сошник [Текст] С.И.

- Камбулов, В.И. Таранин; заявитель и патентообладатель Государств. и проектно-технол. институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ГНУ ВНИПТИИЭСХ). – № 2008107638/12; заявл.27.02.2008; - опубл.-10.09.2009
76. Пат. 2437268 Российская Федерация МПК А01С 7/20 /20.Сошник [Текст] А.С. Наседкин, Д.М. Панков; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Алтайск. гос. академия образования им. В.М. Шукшина. - № 2010138251/13; заявл. 15.09.2010; - опубл.-27.12.2011 Бюл. №36
77. Пат. 2 378 816 Российская Федерация, МПК А01С 7/20 / Сошник полозовидный комбинированный [Текст] В.В. Сафронов, А.В. Сергеев, А.Н. Юшин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Тверск. Гос. сельхозакадемия. – № 2006139345/12; заявл. 09. 11. 2006; – опубл. – 20.01.2010 Бюл. №2
78. Перетятыко А.В. Совершенствование технологии распределения семян при подпочвенно-разбросном способе посева и обоснование конструкции лапового сошника: дис. ... канд. техн. наук / А.В.Перетятыко. - Самара, 2007. – 187 с.
79. Полуниин Г.А. и др. Методические рекомендации по определению экономического эффекта использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе / Г.А Полуниин. - М.: РАСХН, 2007. -12 с
80. Пяткин А.А. Улучшение равномерности глубины заделки семян многолетних трав разработкой и применением комбинированного сошника сеялки-культиватора : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Пяткин Александр Александрович; [Место защиты: Пенз. гос. с.-х. акад.]. - Пенза, 2012. - 147 с. : ил.
81. Раднаев, Д.Н., Обоснование технологии и параметров рабочего органа для посева зерновых в условиях сухостепной зоны Забайкалья: дисс... канд. техн. наук / Д.Н. Раднаев. – Улан-Удэ: Изд. БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2002.

82. Раднаев Д.Н., Совершенствование разбросного посева семян зерновых культур дисковым сошником /Д.Н. Раднаев, В.М. Дринча //Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №3. – С.33-35
83. Раднаев, Д.Н., Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья: дисс... докт. техн. наук / Д.Н. Раднаев. – Улан-Удэ: Изд. БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2013. – С. 229
84. Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г., Бадмацыренов Д.Б. Анализ и выбор объекта исследования при решении научно-технических проблем, научно-технический журнал Вестник ВСГУТУ № 3, Улан-Удэ: изд-во ВСГУТУ, 2019. –С. 49-55
85. Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г., Бадмацыренов Д.Б. Применение системного анализа при моделировании системы сельскохозяйственного производства, //журнал «Тенденции развития науки и образования»/ №49, г. Самара; апрель 2019. – С. 10-14 РИНЦ
86. Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г., Бадмацыренов Д.Б. Значение априорной информации при планировании эксперимента, // «Тенденции развития науки и образования», №53 часть 3, 08.2019; С.67-71.
87. Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г., Бадмацыренов Д.Б. К обоснованию показателей эффективности посевных машин и комплексов, // научно-технический журнал Вестник ВСГУТУ № 2, Улан-Удэ: изд-во ВСГУТУ, 2020. –С 25-30
88. Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г. Теоретические предпосылки к обоснованию устойчивости хода комбинированного сошника /сборник материалы Всероссийской научно-практической конференции Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона// Улан-Удэ : изд-во БГСХА, 2020 – С. 111-115
89. Раднаев Д.Б., Зими́на О.Г. Исследование сеялки-культиватора послыйного посева и внесения удобрений в условиях Забайкалья //Д.Б. Раднаев, О.Г. Зими́на /сборник материалы Всероссийской научно-практической

- конференции Агропромышленный комплекс: Проблемы и перспективы развития // Благовещенск : изд-во ДальГАУ, 2021 – часть1. С. 240-245
90. Раднаев Д.Н., Зимина О.Г. Обоснование рациональных параметров сошника для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян / Дальневосточный аграрный вестник – 2021. – № 3(59) С. 106-115
91. Рахимов Р. С., Хлызов Н. Т. Обоснование конструктивной схемы и параметров почвообрабатывающих посевных машин на основе обобщенной математической модели // Вестник ЧГАА. – 2013. – №65. – С. 104-113
92. Родимцев, С.А. Исследование параллелограммного механизма подвески лапового сошника [Текст] / С.А. Родимцев, В.П. Пьяных // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. - №7. - С. 11-13.
93. Родимцев, С.А. Совершенствование рабочих органов зерновой сеялки широкополосного посева [Текст] / С.А. Родимцев, В.П. Пьяных // Вестник ОрелГАУ / Орловский Гос. Аграрный ун-т. – Орел, 2007. - №5(8). - С. 2-7;
94. Сабликов М. В. Сельскохозяйственные машины. Ч. 2. Основы теории и технологического расчета [Текст] учеб. пособие / М. В. Сабликов. – М.: Колос, 1967. – 297 с.
95. Сарсенов А.Е. Повышение эффективности зерновой сеялки путем совершенствования конструкции сошника для улучшения распределения семян в почве : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Сарсенов Амангельды Естаевич; [Место защиты: Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. - Саратов, 2017. - 210 с. : ил.
96. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины // Листопад Г.Е., Демидов Г.К., Зонов Б.Д. и др. / Под общ. ред. Г.Е Листопада. М.: Агропромиздат, 1986. - 688 с.
97. Семенов А.Н., Зерновые сеялки. М.: Машгиз, 1959. - 319 с. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. - М.: Машиностроение, 1967. — Т.2. — 830с.; Т.3. — 744 с.

98. Сергеев Ю.А., Динамические характеристики почвообрабатывающих и посевных машин /Ю.А. Сергеев// Улан-Удэ: Изд. Бур. ГСХА, 1998. - 118 с.
99. Сергеев Ю.А. Об устойчивости движения посевных машин в горизонтальной плоскости [Текст] / Ю.А. Сергеев // Вестник Бурятского ГУ. Сер. –9. Вып. 4. –Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2005. – С. 231 -234.
100. Сергеев Ю. А., Совершенствование технологии и технических средств для обработки почвы и посева семян при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Улан-Удэ, 2009. – 36с.
101. Сергеев Ю.А., Зими́на О.Г., Тыскене́ев Д.О., Галсанов Б.К. Совершенствование технологии посева зерновых культур в условиях Республики Бурятия /Механизация и электрификация//научно-теоретический журнал Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова № 2 Улан-Удэ: изд-во БГСХА им. В.Р. Флиппова, 2014. –С 73-76
102. Сергеев Ю.А., Зими́на О.Г., Носков П.Л., Тыскене́ев Д.О., Мангатханов А.Б. «Математическая модель посевной и посадочной машины», научно-технический журнал Вестник ВСГУТУ № 3, изд-во ВСГУТУ, 2015. –С 49-55
103. Сергеев Ю.А., Зими́на О.Г. Обоснование технологической схемы комбинированного сошника для посева семян зерновых культур и внесения удобрений, Сборник научных трудов серия: Технология и технические средства в АПК, выпуск 12, Улан-Удэ : изд-во ВСГУТУ, 2016. С 30-35
104. Сергеев Ю.А., Зими́на О.Г., Тыски́неев Д.О. Анализ процесса движения зерна по семяпроводной системе стерневой сеялки, // научно-теоретический журнал Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова № 2, Улан-Удэ: изд-во БГСХА им. В.Р. Флиппова, 2017. –С 84-90
105. Сергеев Ю.А., Зими́на О.Г. Силовой анализ движения комбинированного сошника, Сборник научных трудов серия: Технология

- и технические средства в АПК, выпуск 13, Улан-Удэ : изд-во ВСГУТУ, 2017. – С 25-30
106. Сергеев Ю.А., Зимина О.Г. Обоснование технологии послойного посева семян зерновых культур и внесение удобрений / Сборник научных трудов серия: Технология и технические средства в АПК, выпуск 14, Улан-Удэ : изд-во ВСГУТУ, 2018. – С 47-52
107. Сеялка-культиватор СК-3,6 [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.mehanik-ua.ru/> (29.03.13)
108. Сеялка «John Deere» 1895 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.No-till.ru> (14.01.2013)
109. Сеялка СЗТ-4 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bdm-agro.ru/company/> (29.03.13)
110. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с
111. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин [Текст] / Г. Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 303 с.
112. Система земледелия Республики Бурятия: научно-практические рекомендации / под науч. ред. профессора А.П. Батудаева. – 2-е изд., перераб. и доп.: - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА имени В.Р. Филиппова, 2018. - 349 с.
113. Смирнова И. И., Многолетняя изменчивость климата и прогнозирование системы погода-урожай (на примере Западного Забайкалья). Автореф. дис. канд.с.х. наук: 06.01.03. Улан-Удэ, 2009. – 21с.
114. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. -М: Наука, 1968. - 62 с.
115. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии /под ред.А.И. Завражного. –Спб.:Изд-во «Лань», 2013. -496 с.
116. Соловьев А.А., Влияние параметров дискового двухстрочного сошника на его энергетические показатели // Совершенствование технологического процесса и систем машин целинного земледелия. Алма-Ата, 1983.- С. 49-56.

117. Солодовников В. В., Статистическая динамика линейных систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников. – М.: Физматгиз, 1960. – 656с.
118. Сочинев С.И., Обоснование параметров сошника с активным рабочим органом// Механизация и электрификация с/х.- 2007.- №6.- с. 20-22.
119. Спицын И.А., Сельскохозяйственная техника и технологии// Учебное пособие для ВУЗов.- М.- Колос.- 2006,- 646 с.
120. Способы посева [<http://mse-online.ru>]. [URL:http://mse-online.ru/zemledelie/sposoby-poseva.html](http://mse-online.ru/zemledelie/sposoby-poseva.html) (дата обращения: 06.05.2015).
121. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин.-М.: Машиностроение, 1967. — Т.2. — 830с.; Т.3. — 744 с.
122. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. - М.: Информагротех, 1995. - 576с.
123. Стрижев В.А. Введение в основы проектирования машин для посева и посадки / В.А. Стрижев. - Челябинск, 2007.- 111с.
124. Стрижев В.А. История создания посевных машин и перспективы их развития: учебное пособие / В.А. Стрижев. - Челябинск, 2003.-40с.
125. Сулейменов М.К., Агротехнические требования к посеву зерновых культур в Северном Казастане // Точный посев зерновых и пропашных культур. -М.: ВИСХОМ, 1984.-С. 15-19
126. Суюндукова Я.Т. Засоренность посевов при различных способах обработки почвы / Я.Т. Суюндукова, М.Б. Суюндукова, М.Г. Сираев // Земледелие. - 2001. - №2. - С.26- 27.
127. Татаров Г.Л. Разработка гребневой сеялки с обоснованием параметров сошника для разноуровневого высева семян и удобрений : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Татаров Григорий Львович; [Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т]. - Ульяновск, 2016. - 235 с.: ил.
128. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / под ред. Е.С. Босого. - М.: Машиностроение, 1978. - 568с.

129. Терских И. П. Развитие технологий и средств механизации возделывания сельскохозяйственных культур: учебное пособие. - Ч. I: Предпосевная обработка почвы. - Иркутск: ИрГСХА, 2003. - 116с.
130. Тимофеев А.И. Методика исследования распределения семян широкополосными сошниками / А.И. Тимофеев, Т.М. Белодедова // Сб. науч. тр. МИИСП.-Т. 12.-Вып. 1,ч. 1.-М., 1975. - С. 44...50
131. Тихомиров В.Б. Математические методы планирования эксперимента при изучении нетканых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 156 с.
132. Турбин Б.Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет [Текст] / Б. Г. Турбин и [др]. Издание второе, переработанное и дополненное. – Ленинград: Машиностроение, 1967. – 584 с.
133. Тыскинеев Д.О. Обоснование основных параметров сошника для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур в условиях Республики Бурятия : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Тыскинеев Доржо Олегович; [Место защиты: Вост.-Сиб. гос. ун-т технологий и упр.]. - Улан-Удэ, 2016. - 197 с. : ил.
134. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: КолосС, 2003.-624с.:ил.
135. Шапров М.Н., Мартынов И.С. Эффективность работы сеялки для разноглубинного посева пропашных культур //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса №1 (33), 2014 -С. 220-225
136. Шевченко, А.П. Теоретические исследования тягового сопротивления килевидного сошника/А.П. Шевченко, М.А. Бегунов//Омский научный вестник. - Омск, 2013. -№ 3. -С. 135-138.
137. Шевченко, А.П. Факторы, влияющие на равномерность распределения семян льна-долгунца по глубине заделки при посеве двухстрочным килевидным сошником/А.П. Шевченко, М.А. Бегунов, В.С.Коваль, В.В. Мазуров //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (114). С. 39-44.

138. Шевченко, А.П. Экспериментальное исследование двухстрочного килевидного сошника для посева семян льна/А.П. Шевченко, М.А. Бегунов//Омский научный вестник. -2014. -№ 1. -С. 152-155.
139. Юхин Т.П. Энергосберегающие технологии и технические средства заготовки и подготовки к скармливанию кормовых корнеплодов / Т.П. Юхин. - Уфа: Изд-во БГАУ, 2005. - 104с.
140. Яковлев Н.С. Повышение эффективности функционирования комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов путем совершенствования рабочих органов / Н.С. Яковлев. - автореф. дисс. ... д-ра тех. наук. - Барнаул, 2013. - 42с.
141. Яковлев Н.С., Иванов Н.М., Назаров Н.Н., Маркин В.В. Рабочие органы посевных машин для возделывания зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 10. С.76-80.
142. «Horsch - Агро-Союз» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.No-till.ru> (14.01. 2013)
143. Eddington D.L., Show L.N. Singulator for fluid planting of sprouted seeds / Trans ASAE. St. Joseph, Mich. 1987. Vol. 30, No 6. P. 1569. 1574 - Bibliogr.: p/1574.
144. Herfaty T. V., Roye S. Combined effects of moisture content prior compactive effect and final quantity on soil crust strength. J.Soil Sci., 1978, v.29, T.2, P. 67.173.
145. Huang B.K., Tayaputh V. Desigh and analisis of a fluid apot and furrow oporer. – Trans. A.S.A.E., st. Joseph, Mich, 1973. Vol. 16, № 3, - p. 414...419.
146. J.E.Morrison, T.J.E.Morrison Jr., T.J.Geril. Predictions and projected effects on (rop. emergence // Trans ASAE. St. Joseph, Mich. 1985. Vol. 28, № 5. -P. 1415.1418" Bibliogr.:p. 94.95. P. 1418 (9 ref).
147. Schoen H. und andere. Die Landwirtschaft: Lehrbuch fuer Landwirtschaftsschuhlen. Bd.3. Landtechnik, Bauwesen. - Muenchen: BLVVerl.- Ges., 1998.-576S.

148. Sharma D. P., Agrawal R. P. Effect of initial moisture content and conditions of obrying of crust strength. J. Indian Soc. Soil Sci., 1978, V.6N3, P. 254.256.
149. The development of performance data on seed drill furrow openers / By David E, Schaaf, Simon Hann, Burry Rogers, - St. Joseph, Mich, 1979. – 13 p
150. USDA Robotics Research Grants to Improve Agriculture Production, Efficiency. URL: <http://nifa.usda.gov/press-release/usda-robotics-research-grants-improveagriculture-production-efficiency>.
151. The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries. URL: [http://c.mcdn.com/sites/www.masstlc.org/resource/resmgr/annual\\_reports.masstlc\\_robotics\\_final\\_web.pdf](http://c.mcdn.com/sites/www.masstlc.org/resource/resmgr/annual_reports.masstlc_robotics_final_web.pdf).
152. Industrial and service robotics in Europe. August 2011. URL : <http://fr.slideshare.net/bizresonance/robotique-industrielle-et-de-service-europe-aout2011-8839337>.
153. Robotworld 2014. Korea. URL: <https://walterfarah.wordpress.com/2014/05/09/robotworld-2014-kintex-korea>.
154. Trends in the Market for the Robot Industry in 2012. Summary of Survey Results. URL :[http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718\\_01.pdf](http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718_01.pdf)]
155. Чагнаагийн Бямбадорж Ходоо аж ахуйн машины онолын ундыс / Б. Чагнаагийн. - Улаанбаатар хот, 2010.
156. Schoen H. und andere. Die Landwirtschaft: Lehrbuch fuer Landwirtschaftsschuhlen. Bd.3. Landtechnik, Bauwesen. - Muenchen: BLV-Verl.- Ges., 1998.-576S.
157. Derhsh, R.2004. Materials prepared for a Technical Cooperation Project in Tajikistan (Unpublis hed).
158. Report to the president ensuring American leadership in advanced manufacturing. URL : <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Advancedmanu.pdf>

## **Приложения**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 155428

**СОШНИК КОМБИНИРОВАННЫЙ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова" (RU)*

Автор(ы): *с.м. на обороте*

Заявка № 2014142613

Приоритет полезной модели 22 октября 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 11 сентября 2015 г.

Срок действия патента истекает 22 октября 2024 г.

Заместитель руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU<sup>(11)</sup>155 428<sup>(13)</sup> U1

(51) МПК

A01C 7/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014142613/13, 22.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.10.2014

(45) Опубликовано: 10.10.2015 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

670034, Респ. Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина,  
8, Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия им. В.Р.  
Филиппова

(72) Автор(ы):

Сергеев Юрий Антонович (RU),  
Зими́на Ольга Гениановна (RU),  
Тыскене́ев Доржи Олегович (RU),  
Галсанов Баир Кимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Бурятская  
государственная сельскохозяйственная  
академия им. В.Р. Филиппова" (RU)

(54) СОШНИК КОМБИНИРОВАННЫЙ

(57) Формула полезной модели

1. Сошник для послойного посева семян и внесения удобрений, включающий стрелчатую лапу, прикрепленную к стойке, туконаправитель, направитель семян, скатную пластину, двухгранный клин, отличающийся тем, что нижняя часть туконаправителя заглублена с возможностью внесения удобрения ниже слоя посева семян, а двухгранный клин выполнен в виде ножа со скосом к нижней точке туконаправителя.

2. Сошник по п.1, отличающийся тем, что скатная пластина установлена с возможностью создания ровного уплотненного ложа для равномерного распределения семян по площади и глубине.

RU 155428 U1

RU 155428 U1

## Показатели определения корреляционного отношения

1. Распределение глубины заделки семян при скорости сошника  $v=1,5$  м/с  
Данные для вычисления общей дисперсии

Классы (глубина, см)	Среднее значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,5	59	40	45	63	207	1,55	2,4	497,3
6.1...7.0	6,5	35	36	30	28	129	0,55	0,3	38,7
7.1...8.0	7,5	45	47	30	29	151	-0,45	0,2	30,2
8.1...9.0	8,5	39	55	73	58	225	-1,45	2,1	472,5
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			1038,7

$$5,5 \cdot 207 = 1138,5$$

$$6,5 \cdot 129 = 838,5$$

$$7,5 \cdot 151 = 1132,5$$

$$8,5 \cdot 225 = 1912,5$$

$$\Sigma = 5022$$

$$\bar{a} = \frac{5022}{712} = 7,05 \text{ см}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1138,7}{712}} = \sqrt{1,46} = 1,21 \text{ см - общая дисперсия}$$

## 1.1 Данные для вычисления групповой дисперсии

Классы (глубина, см)	Частные средние значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,86	15	11	20	15	61	1,19	1,41	86,01
6.1...7.0	6,55	65	75	80	97	317	0,5	0,25	79,25
7.1...8.0	7,73	69	72	70	54	265	0,68	0,46	122,5
8.1...9.0	8,17	29	20	8	12	69	1,12	1,25	86,55
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			374,31

$$\text{Групповая дисперсия } \sigma = \sqrt{\frac{379,31}{712}} = \sqrt{0,5264} = 0,72 \text{ см}$$

$$\text{Корреляционное отношение} - \eta = \frac{0,72}{1,21} = 0,595 \approx 0,6$$

2. глубина заделки семян при скорости сошника  $v=2,0$  м/с

Данные для вычисления общей дисперсии

Классы (глубина, см)	Среднее значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,5	58	45	35	49	187	1,55	2,4	448,8
6.1...7.0	6,5	30	25	41	53	149	0,55	0,3	44,7
7.1...8.0	7,5	45	54	36	36	171	-0,45	0,2	34,2
8.1...9.0	8,5	45	54	66	40	205	-1,45	2,1	430,5
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			958,2

$$5,5 \cdot 187 = 1028,5$$

$$6,5 \cdot 149 = 968,5$$

$$7,5 \cdot 171 = 1282,5$$

$$8,5 \cdot 205 = 1742,5$$

$$\Sigma = 5022$$

$$\bar{a} = \frac{5022}{712} = 7,05$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{958,2}{712}} = \sqrt{1,3476} = 1,16 \text{ см} - \text{общая дисперсия}$$

### 2.1 Данные для вычисления групповой дисперсии

Классы (глубина, см)	Частные средние значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,8	14	32	15	30	91	1,25	1,56	171,96
6.1...7.0	6,6	55	72	78	82	287	0,45	0,2	57,4
7.1...8.0	7,8	69	50	70	46	235	0,75	0,56	131,6
8.1...9.0	8,2	40	24	15	20	99	1,15	1,32	130,68
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			461,64

$$\text{Групповая дисперсия} \sigma = \sqrt{\frac{461,64}{712}} = \sqrt{0,648} = 0,805 \text{ см}$$

$$\text{Корреляционное отношение} \eta = \frac{0,805}{1,16} = 0,69$$

3. Глубина заделки семян при скорости сошника  $v=2,5$  м/с  
Данные для вычисления общей дисперсии

Классы (глубина, см)	Среднее значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,5	13	18	35	45	111	-1,46	2,13	236,43
6.1...7.0	6,5	39	68	73	67	247	-0,46	0,21	51,87
7.1...8.0	7,5	96	72	50	47	265	0,54	0,29	76,85
8.1...9.0	8,5	30	20	20	19	89	-1,54	2,37	210,93
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			576,08

$$5,5 \cdot 111 = 610,5$$

$$6,5 \cdot 247 = 1605,5$$

$$7,5 \cdot 265 = 1987,5$$

$$8,5 \cdot 89 = 756,5$$

$$\Sigma = 4960$$

$$\bar{a} = \frac{4960}{712} = 6,96 \text{ см}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{576,08}{712}} = \sqrt{0,8102} = 0,9 \text{ см} - \text{общая дисперсия}$$

3.1 Данные для вычисления групповой дисперсии

Классы (глубина, см)	Частные средние значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,95	18	12	34	45	109	-1,01	1,02	111,19
6.1...7.0	6,48	68	52	80	49	249	-0,48	0,23	57,37
7.1...8.0	7,45	74	48	52	79	253	0,49	0,24	60,72
8.1...9.0	8,15	18	66	12	5	101	1,41	1,32	142,41
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			371,0

$$\text{Групповая дисперсия } \sigma = \sqrt{\frac{371}{712}} = \sqrt{0,52} = 0,72 \text{ см}$$

$$\text{Корреляционное отношение } \eta = \frac{0,72}{0,9} = 0,8$$

4. Глубина заделки семян при скорости сошника  $v=3,0$  м/с  
Данные для вычисления общей дисперсии

Классы (глубина, см)	Среднее значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,5	23	34	40	54	151	-1,46	2,13	321,63
6.1...7.0	6,5	41	37	78	51	207	-0,46	0,21	43,47
7.1...8.0	7,5	57	54	50	64	225	0,54	0,29	65,25
8.1...9.0	8,5	57	53	10	9	129	-1,54	2,37	305,73
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			736,08

$$5,5 \cdot 151 = 830,5$$

$$6,5 \cdot 207 = 1345,5$$

$$7,5 \cdot 225 = 1687,5$$

$$8,5 \cdot 129 = 1096,5$$

$$\Sigma = 4960$$

$$\bar{a} = \frac{4960}{712} = 6,96 \text{ см}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{736,08}{712}} = \sqrt{1,035} = 1,02 \text{ см} - \text{общая дисперсия}$$

4.1 Данные для вычисления групповой дисперсии

Классы (глубина, см)	Частные средние значение класса, $\bar{a}_i$	повторности				$n$	$\bar{a} - a_i$	$(\bar{a} - a_i)^2$	$\eta(\bar{a} - a_i)^2$
		1	2	3	4				
5.1...6.0	5,7	21	17	14	19	71	1,26	1,58	112,7
6.1...7.0	6,4	65	70	88	84	307	0,56	0,31	96,27
7.1...8.0	7,4	78	80	58	59	275	0,44	0,19	56,24
8.1...9.0	8,3	14	11	18	16	59	1,34	1,79	105,9
	$\Sigma$	178	178	178	178	712			368,11

$$\text{Групповая дисперсия } \sigma = \sqrt{\frac{368,11}{712}} = \sqrt{0,517} = 0,72 \text{ см}$$

$$\text{Корреляционное отношение } \eta = \frac{0,72}{1,02} = 0,7058$$

Таблица 1 – Мнение специалистов о влиянии факторов на эффективность глубины заделки семян

Условное обозначение	Факторы	Уровень варьирования факторов		Значимость факторов по степени влияния на параметр оптимизации				
		нижний	верхний	1	2	3	4	5
$X_1$	усилие, создаваемое пружиной, Н;	200	240	5	3	5	5	6
$X_2$	угол клина туконаправителя, град;	20	40	3	4	2	3	2
$X_3$	скорость движения агрегата, м/с	1,5	2,5	4	1	4	2	3
$X_4$	расстояние между уровнями семян и удобрений, мм;	25	45	6	5	1	4	4
$X_5$	длина поводка параллелограммного механизма, мм;	270	300	1	6	6	6	5
$X_6$	жесткость пружины, Н/м;	6	12	2	2	3	1	1

Таблица 2 – Матрица рангов

m	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
1	1	4	2	3	5	6
2	3	2	1	4	6	5
3	2	1	4	3	6	7
4	2	4	3	1	6	5
$\Sigma$	8	10	10	11	23	23
$\Delta_i$	8	6	6	5	-7	-7
$\Delta_i^2$	16	36	36	25	49	49

Определяем коэффициент конкордации:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)} = \frac{12 \cdot 359}{4^2(7^3 - 7)} = 0,8$$

Значимость коэффициента конкордации проверяем по критерию  $\chi^2$  - Пирсона

$$\chi^2 = m(k-1)W = \frac{S}{\frac{1}{12}mk(k-1)} = \frac{359}{\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 7(7-1)} = \frac{359}{18,6} = 19,3$$

при  $f=k-1=6$  – число средней свободы из приложения 4 [248] находим

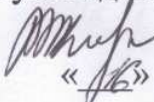
$$\chi^2 = 12,79.$$

В нашем случае

$$\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$$

Значит, гипотеза о наличии согласия специалистов может быть принята.



Акты внедрения научно-технической разработки

«Утверждаю»  
 Руководитель предприятия  
 В.М. Коршунов  
 «16» 04 2020 г.

АКТ  
 Внедрения научно-технической разработки

Настоящий акт составлен о том, что в 2019 году СПК «Колхоз Искра» Мухоршибирского района Республики Бурятия совместно с кафедрой «Механизации сельскохозяйственных процессов» ФГБОУ ВО Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова внедрен усовершенствованный сошник подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян, установленного на серийную сеялку СЗП-3,6А-0,2Б. Применение комбинированного сошника позволяет повысить урожайность на 15%. В 2019 году в СПК «Колхоз Искра» посеяны зерновые культуры на площади 235 га. Урожайность пшеницы при посеве экспериментальной сеялкой составила 13,7 ц/га, а посев серийной сеялкой СЗП-3,6А-0,2Б - 11,9 ц/га

Представители академии:


  
 \_\_\_\_\_ Д.Н. Раднаев  
  
 \_\_\_\_\_ О.Г. Зими́на

Представители предприятия:

  
  
 \_\_\_\_\_ В.М. Коршунов  
  
 \_\_\_\_\_ Н.П. Мальцев

«Утверждаю»

Руководитель предприятия

 В.М. Коршунов

«16» 04 2020 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

### научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представители Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова (ФГБОУ ВО БГСХА) Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г. с одной стороны и СПК «Колхоз Искра» Мухоршибирского района Республики Бурятия, в лице директора Коршунова Василия Михайловича с другой стороны составили настоящий акт о том, что в период с 3 мая 2019 г по 15 сентября 2019 г. внедрена на полях СПК «Колхоз Искра» научно-техническая разработка: Усовершенствованный сошник подпочвенно-полосового посева зерновых культур внесением минеральных удобрений ниже уровня семян

#### **1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:**

Проведен посев яровой пшеницы сорта «Бурятская - 79» на площади 310 га с нормой высева 200 кг/га всхожих семян. Для посева использовалась серийная сеялка СЗП-3,6А-02Б оснащенная экспериментальным комбинированным сошником подпочвенно-полосового посева зерновых культур внесением минеральных удобрений ниже уровня семян. Определены качественные показатели высева сеялок: равномерность семян по площади поля и глубине заделки, динамика появления всходов и биологическая урожайность.

#### **2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым вариантом:**

По итогам производственной проверки сеялки СЗП-3,6А-02Б оснащенной экспериментальными сошниками подпочвенно-полосового посева с

внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве семян пшеницы, по сравнению базовым вариантом соответственно получены следующие результаты:

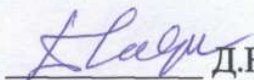
- количество семян, заделанных на заданную глубину с допустимыми отклонениями  $\pm 1$  см составили 79% против 67%;
- количество растений, обеспеченных расчетной площадью питания составило 67,1% против 49,5%;
- урожайность зерновых при посеве экспериментальными сошниками составила - 13,7 ц/га, а на контрольных посевах 11,9 ц/га.

**Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:**

По результатам внедрения экспериментальных сошников подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве зерновых культур на полях СПК «Колхоз Искра» рекомендуем: использовать предлагаемые сошники подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур.

Акт составлен в 3 экземплярах


Представители академии:

 Д.Н. Раднаев

 О.Г. Зими́на

Представители предприятия:

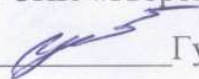


 В.М. Коршунов

 Н.П. Мальцев

«Утверждаю»

Председатель СПК «Твороговский»

  
Гусев Г.И.

« 10 » 09 2021 г.

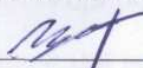
## АКТ

### Внедрения научно-технической разработки

Настоящий акт составлен о том, что в 2021 году СПК «Твороговский» Кабанского района Республики Бурятия совместно с кафедрой «механизации сельскохозяйственных процессов» ФБГОУ ВО Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова внедрен усовершенствованный сошник подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян, установленного на серийную сеялку СЗП-3,6А-02Б. Применение комбинированного сошника позволяет повысить урожайность на 15%. В 2020 году в СПК «Твороговский» посеяны зерновые культуры на площади 235 га. Урожайность пшеницы при посеве экспериментальной сеялкой составила 13,7 ц/га, а посев серийной сеялкой СЗП-3,6А-02Б 11,9 ц/га.

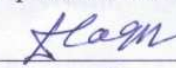


Представители хозяйства:

  
Гусев Г.И.

  
Мошкин С.И.

Представители академии:

  
Раднаев Д.Н.

  
Зими́на О.Г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Председатель СПК «Твороговский»  
Гусев Г.И.  
« 10 » 09 2021 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

### научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представители Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова (ФГБОУ ВО БГСХА) научный руководитель Раднаев Д.Н., соискатель Зимина О.Г. с одной стороны и СПК «Твороговский» Кабанского района Республики Бурятия, в лице директора Гусева Геннадия Иннокентьевича с другой стороны составили настоящий акт о том, что в период с «20» апреля по «10» сентября 2021 г. на полях СПК «Твороговский» внедрена научно-техническая разработка: Усовершенствованный сошник подпочвенно-полосового посева внесением минеральных удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур.

**1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:**

Проведен посев яровой пшеницы сорта «Бурятская-79» на площади 195 га, с нормой высева 2,5 ц/га всхожих семян. Для посева использовалась сеялка СЗП-3,6А-02Б оснащенная экспериментальными сошниками подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян. Контрольные посевы проводились серийной сеялкой СЗП-3,6А-02Б. Определены качественные показатели посева семян: равномерность семян по площади поля и глубине заделки, динамика появления всходов и биологическая урожайность.

**2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым вариантом:**

По итогам производственной проверки сеялки СЗП-3,6А-02Б оснащенной экспериментальными сошниками подпочвенно-полосового

посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве семян пшеницы, по сравнению базовым вариантом соответственно получены следующие результаты:


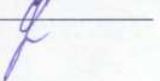
- количество семян, заделанных на заданную глубину с допустимыми отклонениями  $\pm 1$  см составили 79% против 67%;
- количество растений, обеспеченных расчетной площадью питания составило 67,1% против 49,5%;
- урожайность зерновых при посеве экспериментальными сошниками составила - 13,7 ц/га, а на контрольных посевах 11,9 ц/га.

**Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:**

По результатам внедрения экспериментальных сошников подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве зерновых культур на полях СПК «Твороговский» рекомендуем: использовать предлагаемые сошники подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур.

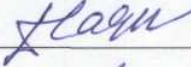

Акт составлен в 3 экземплярах

Представители хозяйства:

 Гусев Г.И.  
 Мошкин С.И.



Представители академии:

 Раднаев Д.Н.  
 Зими́на О.Г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГУП «Байкальское»

 Терентьев В.П.

«01» 10 2020 г.

## АКТ

## Внедрения научно-технической разработки



Настоящий акт составлен о том, что в 2020 году ФГУП «Байкальское» Кабанского района Республики Бурятия совместно с кафедрой «механизации сельскохозяйственных процессов» ФБГОУ ВО Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова проведено внедрение усовершенствованного сошника подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян, установленного на серийную сеялку СЗП-3,6А-02Б. Применение комбинированного сошника позволяет повысить урожайность на 14%. В 2020 году в СПК ФГУП «Байкальское» посеяны зерновые культуры на площади 273 га. Урожайность пшеницы при посеве экспериментальной сеялкой составила 14,5 ц/га, а посев серийной сеялкой СЗП-3,6А-02Б – 12,7 ц/га.

Представители хозяйства:



 Терентьев В.П.  
 Золотарева А.А.

Представители академии:

 Раднаев Д.Н.  
 Зими́на О.Г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГУП «Байкальское»

Терентьев В.П.

«01» 10 2020 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся представители Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова (ФГБОУ ВО БГСХА) Раднаев Д.Н., Зими́на О.Г. с одной стороны и ФГУП «Байкальское» Кабанского района Республики Бурятия, в лице директора Терентьева Виктора Петровича с другой стороны составили настоящий акт о том, что в период с 3 мая 2020 г. по 15 сентября 2020 г. сотрудниками ФГБОУ ВО БГСХА Раднаевым Д.Н., Зиминой О.Г. внедрена на полях ФГУП «Байкальское» научно-техническая разработка: Усовершенствованный сошник подпочвенно-полосового посева зерновых культур внесением минеральных удобрений ниже уровня семян

### **1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:**

Проведен посев опытных участков яровой пшеницы сорта «Бурятская 79» на площади 10 га с нормой высева 200 кг/га всхожих семян. Для посева использовалась серийная сеялка СЗП-3,6А-02Б оснащенная экспериментальным комбинированным сошником подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян. Определены качественные показатели высева сеялок: равномерность семян по площади поля и глубине заделки, динамика появления всходов и биологическая урожайность с опытных делянок.

## 2. Техничко-экономические и социальные показатели внедрения разработки по сравнению с базовым вариантом:

По итогам производственной проверки сеялки СЗП-3,6А-02Б оснащенной экспериментальными сошниками подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве семян пшеницы, по сравнению базовым вариантом соответственно получены следующие результаты:

- количество семян, заделанных на заданную глубину с допустимыми отклонениями  $\pm 1$  см составили 67% против 59%;
- количество растений, обеспеченных расчетной площадью питания составило 69,3% против 59,7%;
- урожайность зерновых при посеве экспериментальными сошниками составила - 14,4 ц/га, а на контрольных посевах 12,7 ц/га.

### Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

По результатам внедрения экспериментальных сошников подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян при посеве зерновых культур на полях ФГУП «Байкальское» рекомендуем: использовать предлагаемые сошники подпочвенно-полосового посева с внесением минеральных удобрений ниже уровня семян для посева зерновых культур.

Акт составлен в 3 экземплярах

Представители академии:

Д.Н. Раднаев Д.Н. Раднаев

О.Г. Зими́на О.Г. Зими́на

Представители предприятия:

В.П. Терентьев В.П. Терентьев  
А.А. Золуцкая А.А. Золуцкая

