

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

На правах рукописи



ЖИЛЯКОВ Алексей Леонидович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ
СЕКЦИИ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук

Козлов Вячеслав Геннадиевич

Воронеж – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПОЧВЫ.	9
1.1. Биологические особенности и технологии возделывания зерновых культур	9
1.2. Агроэкономическая целесообразность предпосевной обработки почвы, внесения удобрений и посева	15
1.3. Преимущества и особенности посева зерновых культур при минимальной обработке почвы	20
1.4. Техническое обеспечение посева зерновых культур и тенденции их развития	23
1.5. Выводы.....	33
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ.....	34
2.1. Особенности посева зерновых культур на склонах	34
2.2. Агроэкологическая, экономическая и энергетическая оценка усовершенствованного способа формирования борозды под удобрения на склоне	36
2.3. Модернизация дисковой посевной секции	41
2.4. Обеспечение стабилизации хода дисковой посевной секции в горизонтальной плоскости.....	44
2.5. Исследование устойчивости хода посевной секции на базе дисков в поперечной плоскости.....	56
2.6. Выводы.....	58
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	59
3.1. Разработка установки для определения силы сопротивления погружению центрального диска.....	59
3.2. Разработка установки для определения боковой силы, действующей на	

посевной диск.....	65
3.3. Определение угла скалывания почвы плоским диском.....	68
3.4. Определение равномерности глубины формирования борозд посевными дисками	70
3.5. Определение характеристик почвы	72
3.6. Выводы.....	74
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ.....	75
4.1. Влияние конструктивных и технологических параметров на силы, действующие на диски	77
4.2. Определение основных параметров дисковой посевной секции, обеспечивающих устойчивость ее хода	84
4.3. Оценка потенциального объема накопления воды в бороздах.....	89
4.4. Выводы.....	90
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101
Приложения.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Технологический процесс традиционного производства зерна включает ряд операций: обработка почвы, внесение удобрений, посев, уход за посевом, уборка урожая. Для выполнения выше перечисленных операций, привлекается большое количество энергонасыщенной и металлоемкой техники, многократно перемещающейся по полю, что негативно сказывается на ее структуре и, как следствие, приводящей к недобору урожая. Потребность в дизельном топливе на энергонасыщенных операциях может достигать 65-125 кг/га, хотя в ряде европейских стран этот показатель не превышает 25-45 кг/га. Эффективным способом снижения затрат при производстве зерновых культур является объединение нескольких операций за один проход агрегата, таких как разуплотнение почвы и внесение основного удобрения, подготовка почвы к посеву, посев и другие. В 2013 году Правительство РФ приняло государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, запланировано увеличение сбора зерна к 2020 году на 15 %. Центральнo-черноземный регион обладает благоприятными климатическими условиями и плодородными почвами. Это один из ключевых факторов, определяющих целесообразность выращивания пшеницы, ржи, ячменя и других зерновых культур. С этой целью используется большая часть пашни. Одной из проблем сохранения плодородного горизонта на склонах полей, с которых при паводках и ливневых дождях идет смыв плодородного слоя почвы и внесенных удобрений, а также идет разрушение ее биологической составляющей, является разработка и внедрение более совершенных способов обработки почвы, а также создание современных почвообрабатывающих и посевных машин, позволяющих проводить комбинированный посев зерновых культур, которые будут обладать более щадящим воздействием на плодородный горизонт почвы и вместе с этим повышать урожайность.

Диссертационная работа выполнена в ходе реализации научно-исследовательской работы агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства» (утверждена учёным советом университета, номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

Степень разработанности темы. Вопросами совершенствования средств механизации посева зерновых с одновременным внесением удобрений занимались: Нефедов Б.А., Дементьев А.И., Скурятин Н.Ф., Сендряков И.Ф., Цепляев А.Н., Мачнев А.В. и другие. Способами внесения минеральных удобрений занимались видные ученые ряда НИИ и вузов: Синягин И.И., Ковалев Н.Д., Аксененко И.А., Булаев В.Е., Подгорный П.И. и ряд других известных ученых. Однако вопросы энергосбережения при комбинированном посеве зерновых и одновременном выполнении трех-четырёх операций разработаны недостаточно полно.

Диссертация посвящена совершенствованию технологического процесса посева зерновых культур и обоснованию конструктивных параметров дисковой посевной секции. Анализ применяемых технологий посева зерновых культур и технических средств позволил усовершенствовать способ посева и модернизировать устройство для его осуществления - дисковую посевную секцию зернотуковой сеялки. Представлены аналитические модели взаимодействия конструктивных элементов дисковой посевной секции с почвой, формирующих в ней борозды с заданными параметрами. Изложены программа и методика экспериментальных исследований по определению силы сопротивления погружению плоского диска в почву, профиля борозды после прохода плоского диска при различной глубине обработки.

Цель исследования: повышение эффективности работы зернотуковой сеялки путем обоснования параметров дисковой посевной секции.

Задачи исследования:

- 1) предложить методику образования борозд под основное удобрение и семена и разработать схему посевной секции зернотуковой сеялки на базе дисков;
- 2) разработать аналитическую модель взаимодействия дисков посевной секции с почвой, формирующих в ней борозды для размещения двух рядков семян одновременно с внесением основного удобрения ниже уровня посева;
- 3) установить основные конструктивные параметры посевной секции зернотуковой сеялки на базе дисков.

Объект исследования: процесс взаимодействия конструктивных элементов дисковой посевной секции с почвой.

Предмет исследований: закономерности формирования борозд под основное удобрение и семена дисковыми рабочими органами.

Научная новизна заключается в разработке:

- 1) методики образования борозды в виде равнобедренного треугольника, вершина которого обращена вниз, куда укладывается основное удобрение, а выше их слева и справа на расстоянии, равном ширине междурядья, размещаются семена, отличающаяся тем, что борозды формируются плоскими дисками;
- 2) аналитической модели взаимодействия конструктивных элементов дисковой посевной секции с почвой, отличающейся тем, что учитывает глубину заделки удобрений и расстояние между рядками;
- 3) технического решения посевной секции, выполняющей за один проход агрегата четыре операции: рыхление почвы, внесение основного удобрения, посев двух рядков выше основного удобрения и уплотнение почвы над семенами.

Теоретическая значимость. Полученные аналитические зависимости, описывающие процесс формирования борозд под основное удобрение и двух рядков семян, а также зависимости, позволяющие определить условия устойчивости хода посевной секции в горизонтальной и вертикальной

плоскостях, являются необходимым условием достижения равномерности глубины посева и дополняют теорию посевных агрегатов.

Практическая значимость. Разработана дисковая посевная секция, выполняющая за один проход агрегата четыре операции: рыхление почвы, внесение основного удобрения, посев двух рядков выше основного удобрения и уплотнение почвы над семенами, и обеспечивающая повышение эффективности работы зернотуковой сеялки.

Методология и методы исследования. При исследовании взаимодействия центрального и посевных дисков с почвой использовалось математическое моделирование, а при разработке конструктивно-технологических схем посевной секции и экспериментальных установок – эвристический метод. Исследования влияния глубины погружения диска в почву на силу сопротивления проводились на опытных полях с использованием разработанной и изготовленной установки (Патент РФ № 152066). Равномерность формирования борозды под семена определяли с применением опытного образца дисковой посевной секции. Данные результаты экспериментальных исследований обрабатывались известными статистическими методами.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) конструктивно-технологическая схема посевной секции зернотуковой сеялки на базе дисков, позволяющая реализовать четыре технологические операции за один проход посевной машины;
- 2) аналитическая модель взаимодействия конструктивных элементов дисковой посевной секции с почвой, позволяющая установить рациональные их параметры;
- 3) конструктивно-технологические параметры разработанной посевной секции на базе дисков, обеспечивающие устойчивость хода посевной секции в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена:

- 1) численной реализацией аналитических зависимостей;

- 2) использованием апробированных методов исследования;
- 3) удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Опытный образец зернотуковой сеялки, изготовленный на базе зернотуковой сеялки прямого посева «Обь-43Т», апробирован в Белгородском отделении ЗАО «Краснояржская зерновая компания». Отдельные результаты исследования используются при дипломном проектировании студентами инженерного факультета ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.

Основные положения диссертационной работы и полученные результаты исследований докладывались на конференциях в Белгородском ГАУ (2012-2019 г.), Воронежском ГАУ (2015-2016 г.), Алтайском ГАУ (2015 г.), Мичуринском ГАУ (2016 г.).

Личный вклад соискателя. Вклад соискателя прослеживается на всех этапах выполнения работы: обзор научной, патентной и технической литературы, производственная постановка задач, выбор методов исследований, разработка конструктивно-технологических схем посевной секции зернотуковой сеялки, установок для определения сил, действующих на центральный и посевные диски, составление математических моделей взаимодействия дисков с почвой, организация полевых испытаний опытного образца посевной секции, обработка результатов опытов, подготовка публикаций, формирование выводов и рекомендаций.

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 5 патентов России, отдельные результаты исследований вошли в две монографии.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 111 наименований, из них 2 на иностранных языках. Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста, включает три таблицы, 42 рисунка и пять приложений.

1. ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПОЧВЫ

Человечество земного шара в жизни использует несколько десятков сотен жизненно необходимых растений. Многие из них занимают ведущую роль в жизнедеятельности и поддержании энергетического баланса людей. Без этих растений трудно представить существование человека. Среди многообразия полевых сельскохозяйственных культур – зерновые являются основой жизни населения планеты, это связано с их основным продуктом – зерном, которое нашло широкое применение в хлебопечении, комбикормовой промышленности, т. к. содержит необходимые для человека и животных питательные вещества: такие как углеводы, жиры, белки, соли.

Кроме зерна используют на корм крупному рогатому скоту полосу, мякину, а также в виде подстилки и наполнителя при приготовлении компостов. В последнее время запрещено сжигать солому на полях (скирды, копны, валки), она используется в качестве кормовых добавок в животноводстве, либо измельчается и остается на полях как органическое удобрение. Нарращивание производства зерна (таких культур как пшеницы, ячменя кукурузы, сои и т. д.) позволяет решить продовольственную проблему страны и обеспечить ее безопасность [1].

1.1. Биологические особенности и технологии возделывания зерновых культур

Многообразие зерновых культур: овес, пшеница озимая, пшеница яровая, ячмень озимый и яровой, рожь озимая, рожь яровая, просо, кукуруза, сорго, гречиха, рис, кормовые бобы, чечевица горох, нут, чина, соя, люпин и др. с учетом их морфологических особенностей делят на три группы. Первая группа — это овес, пшеница, ячмень, рожь озимая и яровая; ко второй группе относятся: просо, рис, гречиха, кукуруза, сорго; третью группу составляют

зерновые бобовые: соя, люпин, фасоль, чина, чечевица, горох, кормовые бобы, нут [2].

Первые две группы занимают более половины площадей, отводимых под зерновые культуры. Это указывает на их значимость в жизни человечества, они возделываются повсеместно за исключением полярных широт и мест, где их выращивать не предоставляется возможным [3].

Различают озимые, яровые зерновые культуры и двуручки, этим и объясняется их широкое распространение.

Озимые зерновые культуры имеют морфологическую особенность, заключающуюся в том, что для прохождения периода яровизации на первых этапах развития растениям требуются невысокие температуры в пределах: от -1 до +10 °С в течение полутора-двух месяцев. Поэтому их высевают в конце лета или ранней осенью, чтобы до наступления устойчивых морозов прошло 50...60 дней, а урожай собирают в следующем году. В целях получения высоких урожаев в зимний период на площадях озимых культур проводят снегозадержание, а весной - раннее боронование посевов и прикорневую подкормку. В течение периода вегетации ведут наблюдение за состоянием посевов, проводят мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями.

Озимые зерновые культуры, в том числе озимая пшеница, в сравнении с яровой имеет ряд преимуществ. В осенний период растения проходят не только стадию яровизации, они, используя влагу и тепло, развивают корневую систему, наращивают листовую массу, кустятся, что благотворно сказывается на урожайности. При образовании чрезмерной листовой массы ее скашивают, в противном случае при длительных зимних оттепелях может быть выпревание посевов. Весной растения с развитой корневой системой быстро достигают фазы колошения, набирают зеленую массу, они опережают развитие сорной растительности, выполняют функцию гербицидов, очищают поля от ряда сорняков. Озимые культуры раньше созревают, их урожайность, как правило, выше, чем яровых, они раньше освобождают поля, причем осенний посев и более ранняя уборка значительно снижают напряженность в

уборочный период, позволяет меньшим количеством специальной техники выполнять большие объемы работ. Озимые культуры являются хорошим предшественником пропашных культур, таких как сахарная свекла, кукуруза, подсолнечник. Важной особенностью озимых является и тот факт, что они покрывают почву на протяжении 10...11 месяцев, предотвращая ветровую и водную эрозию, а если учесть, что в Воронежской, Белгородской области и всей Центрально-Черноземной зоне свыше 56 % площадей пашни находятся на склонах, превышающих один градус, то роль озимых в предотвращении эрозии почвы неоценима. Озимые культуры раньше яровых созревают, их уборка также начинается раньше, что позволяет площади из-под озимых использовать под культуры на зеленый корм скоту.

Агрономической наукой доказано, что исключения из севооборотов озимых культур приводит к увеличению засорения полей и, как следствие, снижению плодородия почвы, уменьшению валового сбора зерна. Кроме отмеченных достоинств озимых зерновых культур, имеются и недостатки. При неустойчивой погоде в зимний период, когда морозы чередуются с длительными оттепелями и нарушается снежный покров или образуется ледяная корка, озимые вымерзают или задыхаются от нехватки кислорода [4].

Период развития и вегетации озимых культур проходит в два этапа, связанные с температурным режимом на протяжении длительного времени. Первый осенний период начинается от появления всходов и до небольших, но устойчивых, морозов, а второй весенне-летний с начала таяния снега до колошения и отмирания стеблей и корневой системы. В осенний период у озимых идет интенсивный рост листовой части, и увеличивается корневая масса. Рост прекращается в связи с сокращением светового периода и понижения температуры до -5°C . В это время идет накопление сахаров и наступает период покоя. Вегетация наступает весной, когда воздух прогревается до температуры $2...5^{\circ}\text{C}$.

Озимые культуры: пшеница, рожь, ячмень характеризуют понятиями как зимостойкость, морозоустойчивость, холодоустойчивость. Морозостойкость – способность озимых выдерживать низкие температуры – более 18° , а их способность выдерживать длительное время низкие положительные температуры называется холодоустойчивостью. Для озимой пшеницы критичны температуры ниже $-14...-16^{\circ}\text{C}$ [2].

Озимая пшеница занимает главенствующую роль среди зерновых культур, используется она, как правило в хлебопечении. Возделывается во многих странах мира: европейских странах, Канаде, США, Китае, Австралии и других. В нашей стране площади посева озимой пшеницы колеблются по годам от 8 до 11 млн. га. Выращивают озимую пшеницу в основном в Ставропольском, Краснодарском краях, в Ростовской области и Центрально-Черноземном регионе. В меньших объемах озимая пшеница возделывается в Западной Сибири, Юге Урала и в нечерноземных областях [4].

Из двадцати двух видов пшеницы наибольшую ценность представляют два: мягкая и твердая. Твердая пшеница имеет преимущества в хлебопечении. Из твердых сортов пшеницы изготавливают манную крупу. Зерно пшеницы характеризуется двумя показателями: содержанием белка и клейковины. Чем выше показатель по клейковине – $28...30\%$, тем ценнее продукция из такого зерна. На рынке твердые сорта пшеницы имеют большую цену, но вместе с этим к ним предъявляются и повышенные требования к условиям возделывания. Наблюдениями ученых агрономов установлено, что семена озимой пшеницы могут прорасти при температуре почвы $1...2^{\circ}\text{C}$, но интенсивное развитие растений происходит при достаточной влажности почвы и температуре $14...16^{\circ}\text{C}$.

Кущение озимой пшеницы происходит как осенью, так и весной, наилучшие результаты достигаются при $8...10^{\circ}\text{C}$ и достаточной влажности корнеобитаемого слоя. Глубина проникновения корней достигает 1,5 м. Самая высокая продуктивность озимой пшеницы достигается при влажности почвы, равной $70...75\%$ от полевой влагоемкости, транспирационном

коэффициенте 400...500 и нейтральной кислотности (рН 6...7,5). Высокие урожаи озимой пшеницы достигаются на плодородных, с малым количеством сорняков, черноземах темно-каштановых почвах. Вегетационный период проходит в течение 240...320 дней.

Лучшие предшественники для озимой пшеницы - чистые пары, многолетние травы, зерновые, а также бобовые культуры и занятые пары, т.е. по ранобираемым культурам [2].

В Центрально-Черноземной зоне для возделывания озимой пшеницы отводится более пятидесяти процентов половины пашни. Значительную площадь посевов размещают на склоновых землях [5].

Центрально-Черноземная зона – это Средне-Русская возвышенность, этим объясняется сильная изрезанность рельефа местности. Из пяти областей, чьи земли расположены на просторах ЦЧЗ, Белгородская область в наибольшей степени подвержена эрозионным процессам, т.к. имеет склоновый тип местности (склоны занимают почти 72 % общей площади), выпадение осадков имеет ливневый характер, а также высокая распаханность общей площади, низкий процент лесов, что является причиной эрозионных процессов. Слабосмытые почвы составляют 33,8 %, среднесмытые – 14,1 %, а сильносмытые 5,9 % (таблица 1) [6, 7].

Таблица 1 - Распределение пашни по крутизне склонов и проявлению водной эрозии

Регион	Площадь пашни, % на склонах				Фактически эродировано пашни, %			
	до 1°	1-3°	3-5°	>5°	слабо	средне	сильно	всего
Россия	54,5	35,9	7,0	2,6	18,1	3,6	0,3	22,0
ЦЧР	50,9	36,3	9,8	3,0	16,5	3,0	0,6	20,1
Белгородская область	24,0	42,0	26,1	7,9	34,6	13,3	5,7	53,6

В склоновых агроландшафтах, а так же на чистых парах при возделывании озимой пшеницы наблюдаются значительные потери органики

по причине минерализации гумуса, водной и ветровой эрозии, вызываемой ливневыми и паводковыми водами [8, 9].

Водная эрозия наносит огромный вред земледелию, неуклонно идет рост оврагов, заиливаются пруды, ручьи, мелкие реки. При интенсивном дожде (ливне) с обрабатываемых склонов, превышающих один градус, с гектара смывается 10...20 тонн почвы, но не редки случаи, когда с каждого гектара уходит 50...100 тонн и более. Известны случаи смыва всего плодородного слоя почвы [8, 10].

Установлено, что со склонов в ЦЧР среднегодовой смыв почвы достигает 4 т/га, по данным А.П. Щербакова и И.И. Васенева — 6...8 т/га, что превышает допустимую величину водной эрозии. В Белгородской области, самой эродированной в ЦЧЗ, с 1 га склонов ежегодно смывается до 12 т грунта почвы [11].

В связи с негативным влиянием избытка воды для склонов при ливнях происходят потеря гумуса и питательных веществ из пахотного горизонта почвы, ухудшаются ее физико-механические и биологические свойства, что приводит к снижению урожая на 10...60 % по сравнению с равниной, ухудшению его качества (белок сокращается на 1...1,5 %, а клейковина на 2...2,5 %).

В результате этого недобор зерновой продукции только по Белгородской области составляет 1,22 млн. т [11]. Это указывает на необходимость оценки процесса производства сельскохозяйственных культур, связанного с такими методами обработки почвы, которые позволят сохранить ее плодородие, структуру и препятствовать различным эрозионным процессам.

Большую роль в предотвращении ухудшения почв играет система удобрений, их виды и формы, способы внесения, чтобы до минимума сократить их потери со стоком и смывом почвы со склонов, а также получить максимально возможные урожаи. Для этого необходимо применение полного комплекса противоэрозионных мероприятий, сводящих к минимуму потери

паводковых и ливневых вод с поверхностным стоком. В противном случае не избежать загрязнения грунтовых вод средствами химизации, биологическими активными веществами, пестицидами [11].

1.2. Агроэкономическая целесообразность предпосевной обработки почвы, внесения удобрений и посева

При производстве сельскохозяйственной продукции используются различные технологические схемы, включающие ряд взаимоувязанных операций. Выполнение каждой операции требует затрат средств и труда. Прямые затраты средств включают: заработную плату обслуживающему персоналу, отчисления от балансовой стоимости применяемых машин на амортизацию, техническое обслуживание и капитальный ремонт, хранение, а также затраты на топливо, цена которого неуклонно растет. Очевидно, чем больший перечень машин будет применен при возделывании той или иной сельскохозяйственной культуры, тем будут больше затраты средств на амортизацию техники и топливо. Очевидным является тот факт, что сократить прямые затраты средств на производство продукции возможно путем совмещения ряда технологических операций, применяя комбинированные и комбайновые агрегаты или комбинированные рабочие органы.

Наибольшие затраты средств требует основная обработка почвы, это еще раз указывает на важность создания машин, выполняющих несколько операций. Совмещение технологических операций - бесприигрышный способ повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции: идет сглаживание пиков потребности энергетических средств и людских ресурсов, сокращается число проходов агрегатов по полю, а, следовательно, и уплотнение почвы, уменьшаются разрывы во времени между операциями, что сокращает вынос влаги за счет испарения. Поэтому перспективным направлением является создание и внедрение комбинированных машин, обеспечивающих выполнение ряда операций. Целесообразно объединять

энергоёмкие операции, такие как разуплотнение почвы, с менее энергоёмкими: посев, внесение удобрение, гербицидов и др. [13, 14].

Основой в получении высоких урожаев зерна остаются зональные технологии производства зерновых культур, базирующиеся на достижениях науки и передового опыта. Зональная технология возделывания и уборки зерновой культуры, будь то озимая пшеница, рожь и др., включает технологические процессы, которые взаимосвязаны между собой пространственно-временным параметром [15, 16, 17].

По мнению ряда авторов [18, 19], глубокая обработка (чизелевание, кротование) почвы отрицательно сказывается на полевой всхожести, но полностью от нее отказаться нельзя, так как идет нарастание плотности почвы от периодического воздействия ходовых систем сельхозмашин.

Обработка почвы традиционным способом - энергозатратная операция, характеризующаяся вмешательством в естественные процессы, происходящие в почве. По мнению Г. Канта «отвальная обработка - одно из тяжелейших вмешательств в природную структуру почвы, отрицательные последствия которого трудно предвидеть на длительное время». По убеждению того же автора, от вспашки нужно отказаться в случае, если функции плуга не являются необходимыми, либо их возможно заменить прочими действиями [12].

Применение плуга приводит к разрушению структуры почвы, гибели микробов бактерий и микроорганизмов, живущих в различных её слоях, способствует смыву плодородного слоя [20].

Отказ от плуга «оживляет» почву, показателем этого является увеличение земляных червей. Почва после переработки червями становится более плодородной. Капилляры, образованные активными живыми организмами и корнями растений оказываются более эффективными, чем полученные при механической обработке почвы. Как выше отмечалось, при возделывании зерновых по типовой технологии в результате неоднократного перемещения тракторов по полю происходит уплотнение почвы со

значительным превышением объемного веса относительно оптимально-созданного природой, который колеблется от 1,1 до 1,3 г/см³. Для зерновых культур рациональное значение объемного веса почвы соответствует 1,1-1,25 г/см³. После прохода автомобиля марки КАМАЗ по полю или тракторов типа ДЖОН ДИР 8 и 9 серии, К-744, объемный вес почвы превышает значение 1,65 г/см³. Заметим, объемный вес легкого бетона равен 1,82-1,84 г/см³.

Уплотняются не только верхние слои почвы 0...10 см, но и подпахотные горизонты на глубине 20...40 см. Процесс переуплотнения почвы ходовыми системами машин носит кумулятивный характер, это ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, как в первый год уплотнения, так и в последующие [21, 22, 23,]. Подобные выводы сделал В. В. Медведев и соавторы [24, 25], Черепанов Г.Г. [26], а аналогично также зарубежные авторы Schonberger Hg., Zimmerman A. [110, 111] и др.

В своей работе А.С. Лимонт [27] показывает, что твердость почвы (объемный вес) является важнейшей характеристикой состояния почвы, особенно в момент посева, так как твердость влияет на рост корешков не только в начальный период вегетации, но и на урожай в целом. В настоящее время у производителей не выработано единого мнения о целесообразности использования только плуга, только плоскорезов, или полностью перейти на поверхностную обработку почвы и прямой посев?

Е. И. Пчеленко, В. Ф. Ващук, В. В. Павловский, И. Д. Василенко [28] считают, что при глубокой обработке почв наблюдается снижение количества влаги, используемой растениями, но перед посевом озимых происходит обратный процесс. Поверхностная обработка почвы благоприятствует сохранению влаги, а, следовательно, и её накоплению. Авторы также отмечают, что безотвальная и поверхностная обработки несущественно воздействует на содержание гумуса в пахотном слое. Но при системной поверхностной обработке почвы наблюдалось неуклонное увеличение количества сорняков, а при безотвальной же обработке их значительно меньше.

Одним из основных элементов технологии возделывания зерновых культур является применяемая система удобрений. При ее проектировании обязательно учитываются вопросы почвозащиты, это: противоэрозионная обработка с оставлением максимального количества пожнивных остатков на поверхности почвы, которые предотвращают чрезмерное ее иссушение, и, наоборот, способствуют накоплению влаги. Кроме того, при решении вопросов эффективного применения удобрений, в частности минеральных, рассматриваются способы, сроки и средства внесения [29, 30, 31, 32].

Классификация способов внесения минеральных удобрений включает: основное и стартовое; предпосевное и припосевное; сплошное и локальное; поверхностное и внутрипочвенное; рядковое и ленточное; пунктирное и непрерывное; горизонтальная лента удобрений и вертикальная (наклонная). Как видно, возможно составить множество вариантов сочетаний способов внесения минеральных удобрений. Основопологающим фактором применения удобрений является фаза и равномерность распределения, так как прибавка урожая возрастает непропорционально их количеству, наступает момент, когда удобрения начинают угнетать растения и при большой неравномерности распределения в отдельных местах удобрения угнетают растения, а в других их не хватает [33].

Агрохимическими исследованиями [34, 35] доказана целесообразность локального внесения минеральных удобрений в почву, будь это допосевное, припосевное или послепосевное. При таком способе внесения они становятся более доступными для корневой системы растений, повышается коэффициент их использования, что позволяет на 25...30 % сократить рекомендуемую дозу внесения и получить ту же прибавку урожая. Рядом ученых доказано [36, 37, 38], что припосевное внесение основной дозы - наиболее эффективный прием, так как предоставляется технологам возможность выдержать оптимальные параметры расположения удобрений относительно будущей корневой системы растений. Установлено, что они должны находиться в стороне и ниже уровня семян на расстоянии 0,03...0,07

м [34], в этом случае исключается опасность ожога корней у молодых растений. Реализация припосевного внесения основной дозы минеральных удобрений предполагает создание более сложных дорогостоящих посевных машин, но это окупается прибавкой урожая [39], кроме того открывается возможность вносить удобрения в почву на нужную глубину независимо от способа обработки почвы [35, 40].

Рядом исследователей установлено [41, 42, 43], что локальное ленточное внутрипочвенное внесение минеральных удобрений эффективнее рядкового, причем для зерновых культур при рядковом и узкорядном способах посева должны располагаться друг от друга на расстоянии 0,15...0,30 м. Предпочтение следует отдавать интервалу в 0,30 м, так как это позволяет иметь меньшую материалоемкость посевной машины и сопротивление батареи туковых сошников, причем глубину внесения удобрений, в зависимости от зоны и культуры, следует выдерживать 0,12...0,15 м. Передовой практикой и наукой [44, 45, 46, 47] доказано, что локальное, ленточное, припосевное внесение основной дозы минеральных удобрений позволяет увеличить урожайность зерновых культур на 2...5 ц/га. Это достигается за счет увеличения коэффициента использования туков на 7...13 % [48, 49].

Ленточное внесение удобрений увеличивает до 70 % коэффициент их использования. Это доказано в работах Вильдфуша, в которых он проводил сравнение с разбросным методом внесения удобрений. [50]. Близкие к таким результатам получены данные и отечественным ученым профессором Трапезниковым К. [52]. Сделанный обзор литературных источников подтверждает целесообразность постановки цели создания посевной секции на базе дисков, выполняющей комплекс технологических операций за один проход посевного агрегата.

1.3. Преимущества и особенности посева зерновых культур при минимальной обработке почвы

В предыдущем разделе было показано, что одним из основных способов повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции является исключение ряда технологических операций путем их совмещения при условии, что не нарушаются агротехнические требования каждой, например, скоростной режим выполнения. В западных странах опережающими темпами идет разработка и внедрение новой технологии, обладающей рядом существенных положительных факторов, касающихся взаимодействия человека с почвой, заключающееся в минимальном механическом на нее воздействии. Наиболее ответственным технологическим процессом получения растениеводческой продукции является посев, неразрывно связанный с подготовкой почвы к размещению в ней семян. Поверхностная обработка почвы без оборота пласта с сохранением пожнивных остатков на ее поверхности способствует ресурсосбережению (влаги, гумуса, топлива) и защите от эрозии [53, 54, 55].

Осваиваемый производителями новый способ посева от традиционных отличается тем, что в послеуборочный период поле не подвергается воздействию никакими сельхозмашинами, а посев осуществляется по мульчированному пожнивными остатками фону, защищающему почву от выдувания, способствует снегозадержанию в зимний период и сохранению влаги в период вегетации растений. Альтернативой применяемых систем земледелия становится технология «No-till», что в переводе с английского языка «не пахать» Эта технология исключает и другие виды механической обработки, даже по формированию семенного ложа. Особенности такой технологии: не нарушается структура почвы до момента посева; все пожнивные остатки на поверхности поля. Эти особенности как раз и сохраняют почвенную влагу и защищают почву от эрозионных процессов [56]. При такой технологии в момент сева происходит

частичное разрушение поверхностного слоя, который осуществляется комбинированными сошниками на базе стрелчатых лап или дисков. Дисковые сошники сеялок оказывают на почву более щадящее воздействие. Прямой посев осуществляют специальными сеялками с более высокими прочностными характеристиками.

Существенным недостатком технологии «No-till» является повышенная засоренность полей, что требует применения гербицидов на протяжении ряда лет, а это снижает технико-экономическую эффективность ее применения, и отрицательно влияет на биологическую составляющую почвы. Технология зависит от высокой квалификации специалистов агрохимической службы хозяйств и высокой обеспеченности необходимыми гербицидами и другими химическими препаратами [12].

Немецкими экспертами [110, 111] установлено, что при поверхностной обработке почвы расходы снижаются на 25...60 €/га, урожайность зерновых культур никак не уменьшается, а затраты на удобрения и препараты для защиты растений никак не увеличиваются. Потребность в топливе сокращается почти в два раза, затраты времени снижаются на 32 %, а смыв почв со склонов сокращается почти в пять с половиной раз.

Цель посева – получение всходов, для этого требуется выполнения ряда условий качественного посева, чтобы реализовать генетически заложенные темпы прорастания семян [57, 58]. Для этого необходимо рассмотреть обе стороны процесса: агрономическую и инженерную, как единое целое [59]. Процесс размещения семян в почве включает: формирование борозды и уплотненного дна, укладку семян на дно борозды с плотностью 1,10...1,25 г/см³, закрытие борозды почвой, уплотнение ее над семенами [60]. При обеспечении такой плотности дна борозды достигается создание капилляров, по которым почвенная влага поднимается вверх их нижних слоев. Это очень важное обстоятельство, так как в период прорастания зерновки до образования собственной системы питания (корни, листья) растение

наиболее беззащитно от внешних факторов: отсутствие дождя, высокая температура воздуха и др.

Многочисленными исследованиями агрономов и агрохимиков доказано, что для интенсивного прорастания семян их следует укладывать на подготовленное, уплотненное ложе, как отмечалось выше, с плотностью $1,10 \dots 1,30 \text{ г/см}^3$. В такой слой почвы хорошо проникают корни растений, он обеспечивает влагой вне зависимости от складывающихся погодных условий. Высев семян на подготовленное твердое посевное ложе приводит к повышению полевой всхожести зерновых культур [61, 62, 63, 64].

Не меньшее значение для получения высокого урожая зерновых культур имеет равномерность глубины заделки семян [65, 66, 67, 68], зависящая от ряда факторов: состояния рельефа поля, неоднородностей агрофизических качеств почвы, характеристик параметров посевной секции сеялки, скорости движения агрегата и др.

Исследованиями установлено, что при повышении скорости агрегата с сеялкой типа СЗ-3,6, оснащенной дисковыми сошниками, наблюдается уменьшение в 1,24 раза глубины заделки семян и изменение стандартного отклонения от 0,5 см ($V = 0,5 \text{ м/с}$) до 1,15 см ($V = 4,0 \text{ м/с}$) [69].

Основные задачи подготовки почвы:

- 1) улучшение физических свойств почвы;
- 2) уничтожение максимального количества сорняковых растений, вредителей и возбудителей болезней растений;
- 3) подготовка посевного слоя и уплотненного ложа для семян;
- 4) высев семян на уплотненное ложе и заделка удобрения на определенную глубину.

От точности соблюдения отмеченных требований зависит урожайность зерновых культур.

1.4. Техническое обеспечение посева зерновых культур и тенденции их развития

В настоящее время во всех странах мира зерновые культуры высевают рядковым способом [70]. Выпуском зернотуковых сеялок для рядкового посева занимается ряд зарубежных и отечественных фирм, таких как «Красная Звезда» (Украина), «Horsch» (Германия) и «Агро -Союз» (Украина), «Белинксель- маш» (Россия), John Deere (США), Gaspardo (Италия), Amazonen Werke (Германия), «Massey Ferguson» (Канада), «Noget Gougis» (Франция) и др [71, 72].

Анализ конструктивных особенностей сеялок показал, что используются несколько типов сошников: это однодисковые, двухдисковые, анкерные, комбинированные, трубчатые. Каждый из приведенных типов сошников имеет достоинства и недостатки, их выбор связан с условиями применения. Так, двухдисковый сошник целесообразно применять на грубо обработанных почвах с большим количеством растительных остатков. К их недостаткам относится: способность залипать влажной почвой, значительная неравномерность заделки семян, повышенное тяговое сопротивление. Однодисковый сошник менее металлоемкий, лучше заглубляется в почву, не забивается почвой и растительными остатками, хорошо очищается и подрезает сорную растительность [71, 72].

Сошники на базе стрелчатой лапы используются для рядкового и ленточного посева зерновых на легких песчаных и супесчаных почвах по необработанной стерне или после дискования. Такой прием позволяет сократить ветровую эрозию почвы [73, 74, 75]. Сошники на базе лап позволяют выполнить от двух до четырех операций за один проход сеялки: рыхление почвы, внесение основной дозы удобрений, посев с формированием посевного ложа. Это достигается за счет того, что стрелчатая лапа поднимает подрезанный слой почвы на достаточную высоту, позволяющую в подлаповом пространстве размещать необходимые

конструктивные элементы, такие как распределители удобрений и семян, бороздообразователи и др.

Трубчатые сошники имеют простейшую конструкцию – трубка достаточной прочности и наральник. Их рекомендуют применять на почвах, подверженных ветровой эрозии, при условии, что стерня обработана. Неизвестны комбинированные сошники на базе трубчатых.

Анкерные сошники по конструкции близки к трубчатым, недостаток – вынос на поверхность почвы нижних более влажных слоев, а это приводит к дополнительному иссушению. Кроме того, почва предварительно должна быть хорошо разрыхленной.

Комбинированные сошники разрабатываются с целью совмещения посева двух и более культур, одновременного внесения основного удобрения с посевом зерновых и пропашных культур. Они более металлоемки, как правило, почва должна быть хорошо разработана, с небольшим включением растительных остатков [76, 77, 78].

Предназначение сошников посевных машин – формирование борозд под семена и удобрения, образование посевного ложа, размещение семян на заданной глубине, уплотнение почвы над семенами [79, 80, 81, 82, 83].

Важной характеристикой посева сельскохозяйственных культур является равномерность глубины заделки семян, значение этого показателя заключается в том, что при различной глубине всходы появляются неравномерно по времени, а это порой приводит к неодновременному созреванию и, как следствие, к потере урожайности.

Глубину погружения дисковых сошников обеспечивают силой сжатия пружин, а она зависит от состояния почвы, ее влажности, наличия пожнивных остатков, что указывает на неуправляемость соблюдения заданной глубины размещения семян. Аналогично обстоят дела и при применении анкерных сошников, где погружение их осуществляется за счет навешивания грузов, поэтому равномерность посева зависит от физико-механических свойств почвы.

Сошники на базе стрелчатых лап в меньшей степени зависят от состояния почвы, ее комковатости и наличия пожнивных остатков, если их длина не превышает предельных значений, однако у таких сошников присутствует другой недостаток – неравномерный слой почвы над семенами по ширине обработанной полосы объясняется тем, что стойка лапы сдвигает почву по сторонам и над ее концами слой становится толще, это приводит к неравномерной глубине размещения семян [66].

Кроме того, К. Дрожжин [84] отмечает, что применение стерневых сеялок при нулевой обработке грунта почвы требует двух-трехкратной обработки площадей гербицидами, т. к. повышается засоренность полей дополнительно на 20...30 %, что снижает продуктивность ячменя на 2...2,5 ц/га. Хотя оценка эффективности используемых методов технологий выявил достоинство преимущество нулевой обработки, потому что себестоимость 1 т семени зерна снижается дополнительно на 7...8 %, а рентабельность производства зерновых культур возрастает на 20...25 %.

Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013...2020 годы предполагается рост объема сбора зерновых по Российской Федерации на 15 %.

Достижение этого возможно при расширении площадей зерновых культур, возделываемых по ресурсосберегающим высоким технологиям, с использованием высокопроизводительных комплексов машин, позволяющих минимизировать обработку почвы, уменьшить потребность в топливе, средствах защиты растений и т. д., достигнуть максимального экономического эффекта с учетом зональных особенностей производства [8].

В связи с этим у нас в стране разработаны, прошли испытания и внедрены стерневые сеялки СЗС-2, шириной захвата два метра. Эта сеялка взята за основу при разработке и составлению широкозахватных агрегатов. Машины такой схемы позволяют составлять агрегаты для тракторов всех тяговых классов.

В ОПКТБ совместно с учеными СибИМЭ и других институтов СО РАСХН разработаны комбинированные посевные машины «Обь-8» и «Лидер-С», «Обь-43Т», которые кроме применения их в традиционных технологиях обработки почвы, могут осуществлять не только прямой посев и локальное внесение основного удобрения по неподготовленной поверхности поля, но и применяться в виде противоэрозийных культиваторов.

В последние десятилетия многие зарубежные компании совершенствовали свои модели сеялок прямого посева, росло их количество, созданы параметрические ряды.

Фирма «Horsch» и корпорация «Агро-Союз» поставляют широкозахватные посевные комплексы в трех вариантах с шириной захвата - 9,8 м, 11,9 м и 18,2 м с 4-мя рядами сошников. Конструкция рамы перечисленных широкозахватных сеялок позволяет посредством гидравлической системы тракторов осуществлять перевод их в транспортное положение путем подъема вверх правого и левого крыла сеялок, доводя ширину до 5,7 м. За один проход широкозахватные комплексы осуществляют рыхление почвы, подрезание сорной растительности, посев семян, внесение минеральных удобрений, прикатывание почвы над семенами. Посевные комплексы включают: сеялку с пневматической подачей семян и удобрений, батарею прикатывающих колес и бункер для семян и удобрений.

Фирма KUNH S.A производит сеялки для прямого посева зерновых SD 3000, 4000, 4500 и Fastliner SD 6000 шириной захвата 3, 4, 4.5 и 6 м для посева без предварительной подготовки почвы или после лущения. Сеялки этой фирмы обладают трехэтапной системой выполнения борозды под семена: сначала главный первый диск прорезает узкую бороздку параллельно направлению движения, при этом происходит перерезание растительных остатков и корневищ, следующая пара дисков расширяет эту бороздочку и заделывает семена, а установленные сзади катки уплотняют почву. Шестиметровая сеялка Fastliner SD 6000 при рабочей скорости 12 км/ч

засевает 7 га за один час. В сеялках предусмотрена возможность оснащения устройствами для внесения минеральных удобрений.

Фирма Gaspardo разработала несколько моделей, из которых на международный рынок представлено два параметрических ряда машин. Один ряд состоит из трех моделей с шириной захвата 2,6; 3 и 4 метра, привод высевающих аппаратов у этих сеялок – механический, сошники дисковые. Второй параметрический ряд включает пять моделей серии Sprint и Gigante, система высева - пневматическая. Сеялки этой фирмы имеют следующие отличия:

- сеялки цельнорамные;
- передняя часть сеялки опирается на навеску трактора снницей;
- задняя часть сеялки опирается на опорные катки;
- между передней частью снницы и опорными катками помещена дисковая сошниковая система, особенность которой – диски имеют сменные реборды и катки конической формы.

Пневматической системой высева семян и удобрений оснащаются так же сеялки фирмы Amazone Werke, в частности, сеялка DMC 601 Primera, сошники наральникового типа, каждый сошник закреплен на индивидуальную четырехзвенную подвеску, обеспечивающую копирование поверхности почвы.

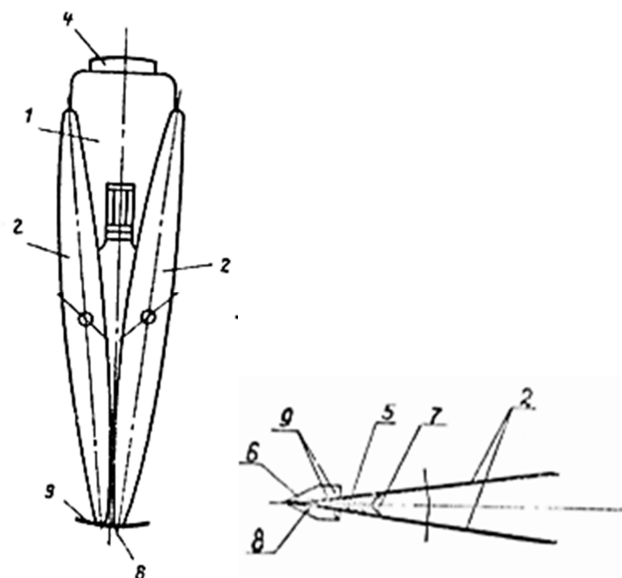
Следует заметить, что фирмы, разрабатывающие посевные машины, не стремятся к созданию своих узлов, они, чаще всего, берут готовые, зарекомендовавшие себя в работе. Примером этого могут служить разработки посевных машин фирмы John Deere. Сеялки оснащены классическим механическим приводом высевающих аппаратов, рабочие органы – двухдисковые сошники, катки с обрезиненной поверхностью, первый расположен между дисками, второй – вслед за ним. Линейная схема сеялок помогает создавать широкозахватные агрегаты при оснащении их передними опорными колесами.

Большинство зарубежных сеялок прошли испытания во многих областях России, и их пригодность не вызывает сомнений.

Однако анализ показателей работы зарубежных сеялок дает знать, что они не в полной мере отвечают нашим агротехническим требованиям по ширине междурядий, мощности отечественных тракторов, кроме того, все они нерентабельны при эксплуатации.

Необходим анализ известных предлагаемых технических решений по посеву зерновых культур. Предварительный просмотр патентной и технической литературы показывает, что последние два десятилетия чаще встречаются устройства по посеву на базе дисков.

Разработка и дальнейшее совершенствование сошников сеялок в России относится к 1874 году. Наиболее близкие к замыслу нашей работы являются изобретения [85, 86, 87, 88, 89]. В изобретении [85] видим двухдисковый сошник (рисунок 1.1), в котором диски установлены под углом друг к другу, а между ними расположены рыхлитель с острым углом вхождения и направитель семян. Основная задача сошника - исключить засыпания семян сухой почвой.

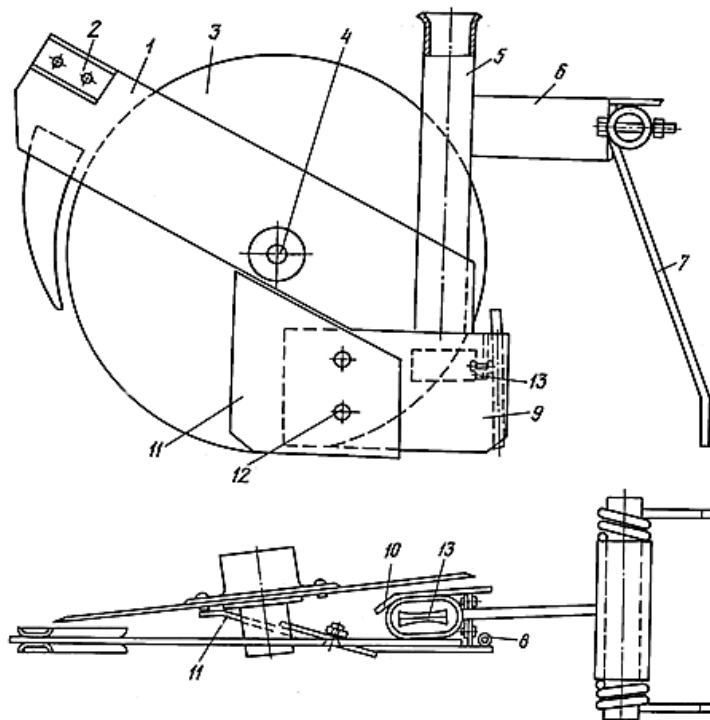


1 – корпус, 2 – плоские диски, 3 – направитель семян, 4 – горловина, 5 – рыхлитель, 6 – ребро двугранного рыхлителя, 7 – тыльная сторона двугранного рыхлителя, 8 – стабилизатор, 9 – крылья стабилизатора

Рисунок 1.1 – Двухдисковый сошник

Недостатками сошника, по нашему мнению, являются: отсутствие элементов, изменяющих углы постановки дисков и их смещение относительно друг друга, удобрения не вносятся ниже уровня семян, не подрезаются сорняки, не уплотняется почва над семенами.

Предложен комбинированный сошник [86] на базе дисков (рисунок 1.2). Он предназначен для посева зерновых культур с внесением стартового удобрения вместе с семенами и основного в виде жидких удобрений. Отличительная особенность комбинированного сошника – установка анкера, формирующего уплотненное посевное ложе. Сошник высевает лишь один рядок семян, но оснащен такими элементами как тукопроводы для жидких и твердых удобрений, анкер, устройство, предотвращающее высыпание сухой почвы на семена, т.е. сошник сложный по конструкции, следовательно, его надежность не высокая, кроме того, удобрения вносятся на уровне посева размещения семян, почва над рядком не уплотняется.



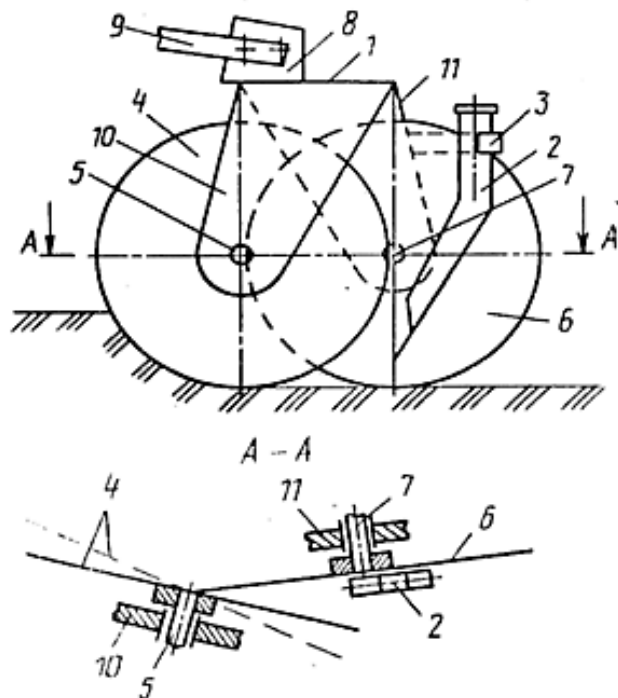
- 1 – корпус, 2 – поводок, 3 – плоский диск, 4 – ось, 5 – семятукнаправитель, 6 – кронштейн, 7 – секция пружинных бороновальных зубьев, 8 – трубопровод, 9 – наружная боковина анкера-ложеобразователя, 10 – внутренняя часть боковины анкера-ложеобразователя, 11 – щиток-чистик, 12 – крепеж сменной части, 13 – рассеиватель семян

Рисунок 1.2 – Комбинированный сошник

Применение таких сошников возможно по хорошо обработанному полю, а это включает предварительное измельчение пожнивных остатков и сорной растительности, обязательное рыхление почвы, подготовка ее к посеву, и в общей сложности все это приводит к дополнительным затратам времени, топлива, техники.

Коллективом авторов предложен сошник для зернотуковых сеялок прямого посева [87], основными конструктивными элементами которого являются П-образная рама и диски, причем стойки рамы смещены относительно друг друга (рисунок 1.3). Плоскости дисков не пересекаются в пространстве, что позволяет создавать борозду под семена и исключить засыпание их сухой почвой.

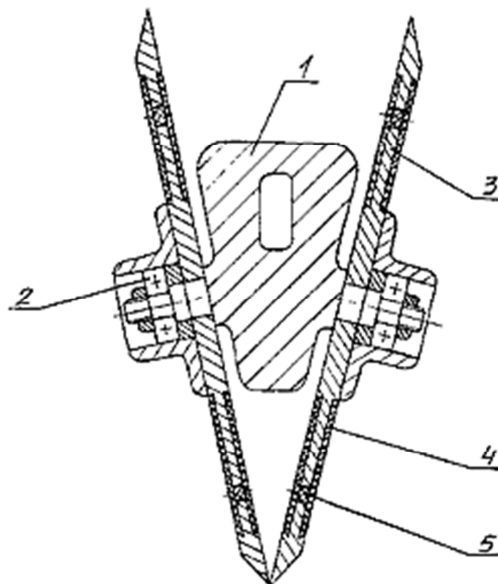
Недостатки рассматриваемого сошника: не предусмотрено смещение дисков относительно друг друга, расположение удобрений на уровне посева, сорная растительность в зоне посева не подрезается, глубина размещения семян и удобрений не контролируется, почва над семенами не уплотняется.



1 – корпус, 2 – семяпровод, 3 – кронштейн, 4 – передний диск, 5 – ось вращения переднего диска, 6 – задний диск, 7 – ось вращения заднего диска, 8 – кронштейн, 9 – поводок, 10 – стойка, 11 – П-образная рама

Рисунок 1.3 – Дисковый сошник

Так же предложен дисковый сошник [88] (рисунок 1.4). Два диска, каждый из которых закреплен на двух подшипниках, установлены под углом друг к другу. Забивание почвой пространства между дисками исключается путем их покрытия слоем гидрофобной пластической массы, они соединены между собой через специальные отверстия, выполненные на дисках. Недостатки рассматриваемого сошника: не предусмотрено изменение положения дисков относительно друг друга и изменения угла их установки (угла атаки), удобрения вносят на уровне засева посева, сорная растительность в зоне посева не подрезается, почва над семенами не уплотняется, требуется после посева, выполнения дополнительной операции прикатывания поля, что так же приводит к дополнительным затратам.



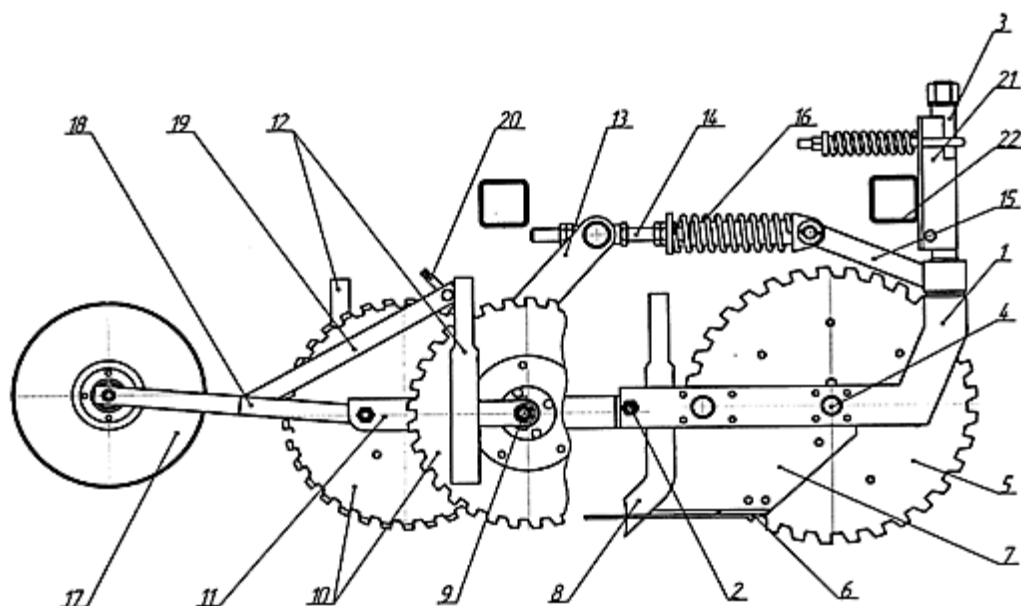
1 – корпус, 2 – подшипники, 3 – диски, 4 – гидрофобная пластинчатая масса,
5 – радиальные отверстия

Рисунок 1.4 – Дисковый сошник

Предложена дисковая посевная разряд секция [89], она предназначена для посева зерновых культур с одновременным внесением основного удобрения (рисунок 1.5). Основным элементом посевной секции является стойка, в виде буквы Г, опрокинутой в горизонтальное положение и имеющая в средней части шарнир. Обе части стойки оснащены кронштейнами, они соединены регулируемой по длине тягой с пружиной.

Вертикальная часть стойки имеет втулку, а горизонтальная – ось, на которую установлен центральный диск. Задняя горизонтальная часть стойки по обе стороны имеет оси, с установленными на них посевными дисками под углом к направлению движения. К концу задней части стойки шарнирно прикреплен прикатывающий каток. За центральным диском установлен тукопровод, а в «тени» посевных дисков – семяпроводы.

Недостатки описанной конструкции аналогичны предыдущим сошникам.



- 1 – Г-образная стойка, 2 – шарнир, 3 – втулка, 4 – передняя ось,
 5 – центральный дисковый нож, 6 – плоскорежущая стрелчатая лапа,
 7 – стойка, 8 – тукопровод, 9 – оси, 10 – дисковые ножи, 11 – кронштейны,
 12 – тукосемяпроводы, 13 – кронштейн, 14 – тяга, 15 – кронштейн, 16 – пружина,
 17 – каток, 18 – поводок, 19 – кронштейн, 20 – регулируемая тяга

Рисунок 1.5 –Дисковая посевная секция

Известные технические решения на базе дисков по посеву зерновых культур имеют ряд общих недостатков. Они одновременно с посевом семян вносят лишь стартовое удобрение, а если вносится и основное, то для каждого рядка отдельно на уровне размещения семян, что ведёт к повышению материалоемкости и стоимости сеялок, сорная растительность в зоне размещения семян не подрезается, не предусматриваются

конструктивные элементы, позволяющие создавать условия для удержания воды на склонах.

1.5. Выводы

1. В Центральном Чернозёмном регионе свыше 56 % пашни располагается на склонах, подверженных водной эрозии, что является причиной снижения урожайности, ежегодный убыток составляет 1,22 млн. т.

2. Деградация склоновых земель в основном зависит от способов обработки почвы и технологии посева сельскохозяйственных культур.

3. Одним из эффективных путей снижения затрат труда и средств при возделывании зерновых культур является совмещение ряда технологических операций, не противоречащих агротехническим требованиям, выполнения каждой из них в отдельности.

4. Сев зерновых культур целесообразно выполнять сеялками на базе дисков, как менее энергозатратные со щадящим воздействием на почву.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ

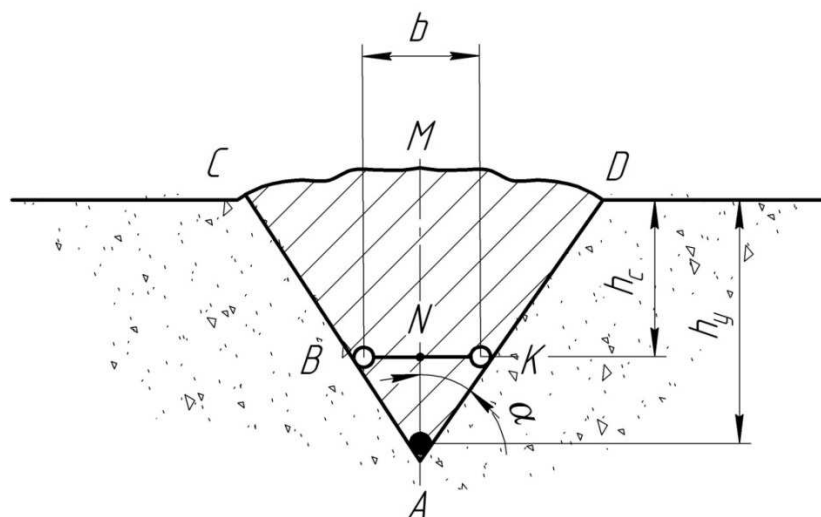
2.1. Особенности посева зерновых культур на склонах

Ранее отмечалось, что в ЦЧЗ 56 % пашни располагается на площадях, склон которых превышает 1°. На таких площадях паводковые и ливневые воды задерживаются в меньшей мере, чем на равнинных участках, поэтому технологии возделывания сельскохозяйственных культур отличаются от тех, что применяются на равнинных площадях, прежде всего стремлением сократить сток.

В работах [53, 54, 90] и ряде других изучался комбинированный посев зерновых с одновременным локальным внутрипочвенным внесением минеральных удобрений на склоновых площадях. В основу способа посева зерновых культур положена идея сохранения влаги паводков и ливней в искусственно созданных на поверхности почвы углублений, объем которых можно считать потенциальным объемом накопления воды. Эта идея совмещена с процессом сева яровых и озимых культур, а именно: поперек склона посевная машина с сошниками на базе стрелчатой лапы выполняет борозды глубиной равной глубине посева. Заметим, что стрелчатая лапа имеет форму, обеспечивающую получение борозды в поперечном сечении в виде трапеции. Ее меньшее основание обращено вниз. Процесс укладки семян выполняется в последовательности: по семятукопроводам, концы которых выведены в подлаповое пространство, подаются семена, они попадают в углы борозды расстояние между углами соответствует ширине междурядья, сошедшая с лапы почва возвращается в борозду и укрывает семена, идущий сзади каток уплотняет почву над семенами. К положительным сторонам рассматриваемого способа посева зерновых следует отнести: подрезается сорная растительность в борозде и формируется уплотненное посевное ложе, один сошник высевает два рядка,

открывается возможность размещения рядка минеральных удобрений между рядками семян. К недостаткам следует отметить подъем почвы на высоту, равную высоте крыльев стрелчатой лапы на площади превышающей 50 %, это приводит к затратам средств на топливо. Если исключить этот недостаток, то рассматриваемый способ посева зерновых станет эффективным.

Изменим способ формирования борозды путем замены специальной стрелчатой лапы на диск плоский или турбодиск. Наблюдения показывают, что при движении диска в результате трения почвы о его боковые стороны, почва в передней части сжимается и стремится опуститься вниз, а в задней, наоборот, силы трения выталкивают ее наружу, происходит скалывание по наружным плоскостям с обеих сторон диска. В результате этого образуется борозда разрыхленной почвы, поперечное сечение которой имеет вид равнобедренного треугольника, повернутого вершиной вниз (рисунок 2.1) с углом β при вершине равным $\beta=22^\circ$. Форма борозды указывает на целесообразность размещения удобрений внизу борозды в вершине равнобедренного треугольника, а по сторонам на меньшей глубине – двух рядков семян, укрываемых рыхлой почвой.



h_y – глубина заделки основного удобрения; h_c – глубина заделки семян;
 b – ширина междурядья; α – угол сколывания почвы; • - удобрения; ● - семена

Рисунок 2.1 – Схема формирования борозды и размещение в ней удобрений и семян

Необходимо дать агроэкологическую и энергетическую оценку усовершенствованному способу посева зерновых на склоне.

2.2. Агроэкологическая, экономическая и энергетическая оценка усовершенствованного способа формирования борозды под удобрения на склоне

Внутрипочвенное внесение удобрений, посев семян сельскохозяйственных культур характеризуется шириной междурядья, глубиной размещения тех и других в почве, расположением семян относительно рядка удобрений по горизонтальному и вертикальному направлениям. Рассуждения ведем применительно к посеву зерновых культур (озимой пшенице) в ЦЧР. По рекомендациям, изложенным в [82], глубина заделки удобрений должна быть $h_y = 0,12 \dots 0,15$ м, ширина междурядья $0,15 \dots 0,30$ м, в стороне и ниже рядка семян на $0,02 \dots 0,07$ м. Определим параметры борозды под удобрения и семена, образованной плоским диском. Исходим из того, что глубина размещения рядка удобрений и семян определена агротехническими требованиями, и они постоянны, т.е.:

$$h_y = \text{const}, \text{ и } h_c = \text{const}.$$

Таким образом, ширина борозды B_δ будет зависеть от глубины погружения диска, она же и глубина размещения удобрений h_y и угла скалывания α (см. рисунок 2.1).

Определим ширину борозды B_δ , на рисунке 2.1 она представлена отрезком CD.

$$CD = 2MD = 2h_y \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2.1)$$

где S_δ - площадь поперечного сечения борозды определяется площадью треугольника ACD (см. рисунок 2.2)

$$S_{ACD} = S_\delta = \frac{1}{2} CD \cdot h_{y0} = h_{y0} \cdot 2h_y \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{1}{2} = h_{y0}^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2.2)$$

Тогда объем разуплотненной почвы V_{δ} на одном гектаре – это произведение длины борозды на площадь ее поперечного сечения:

$$V_{\delta} = \frac{10000}{b} S_{\delta} \quad (2.3)$$

Принимаем объем разуплотненной почвы V_{δ} за потенциальный объем накопления влаги на одном гектаре, но так как речь идет о посеве зерновых на склонах, то потенциальный объем сохранения влаги V_B на склоне (рисунок 2.2) будет определяться зависимостью:

$$V_B = V_{\delta} \cdot K,$$

где K – коэффициент влагонакопления, $K \leq 1$.

Потенциальный объем накапливаемой воды в бороздах на склоне будет пропорционален площади треугольника АСЖ (см. рисунок 2.2), выражение имеет вид:

$$S_{ACJ} = S_{ACD} - S_{CDJ}, \quad (2.4)$$

где S_{ACJ} , S_{ACD} , S_{CDJ} – площади треугольников АСЖ, АСД, СДЖ.

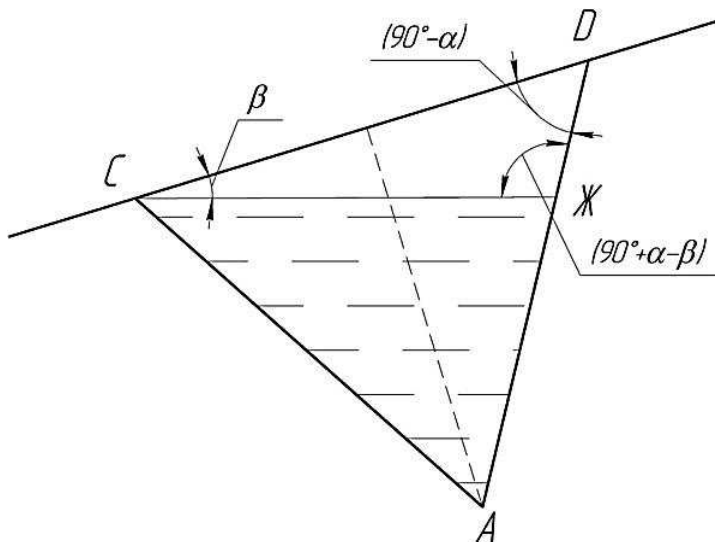


Рисунок 2.2 – Схема накопления потенциального объема воды в бороздах, выполненных на склоне

Обозначим углы в вершинах треугольника СДЖ:

- C – угол склона поля β ;

$$- D = (90 - 2\alpha);$$

$$- \angle Ж = (180 - 90 + 2\alpha - \beta) = (90 + 2\alpha - \beta);$$

Треугольник СДЖ неправильный, для определения его площади применим теорему синусов:

$$\frac{CD}{\sin(90+2\alpha-\beta)} = \frac{ДЖ}{\sin\beta} = \frac{СЖ}{\sin(90-2\alpha)},$$

В треугольнике СДЖ известной стороной является отрезок CD, найдем длину ДЖ:

$$ДЖ = CD \frac{\sin\beta}{\sin(90+2\alpha-\beta)}, \quad (2.5)$$

С условием учетом формулы (2.1) площадь треугольника СДЖ будет определяться зависимостью:

$$S_{CDЖ} = ДЖ \cdot CD \cdot \sin(90 - 2\alpha) = CD^2 \frac{\sin\beta}{\sin(90+2\alpha-\beta)} \cdot \sin(90 - 2\alpha), \quad (2.6)$$

А площадь треугольника $S_{АСЖ}$ будет определяться выражением:

$$S_{АСЖ} = S_{ACD} - S_{CDЖ} = h_{y0}^2 \cdot tg\alpha - 4h_{y0}^2 \cdot tg^2\alpha \frac{\sin\beta \cdot \sin(90-2\alpha)}{\sin(90+2\alpha-\beta)}, \quad (2.7)$$

Из полученного выражения видно, что потенциальный объем накопления влаги в бороздах на склоне находится в зависимости от глубины внесения удобрений h_y , угла скалывания почвы α и угла склона поля β .

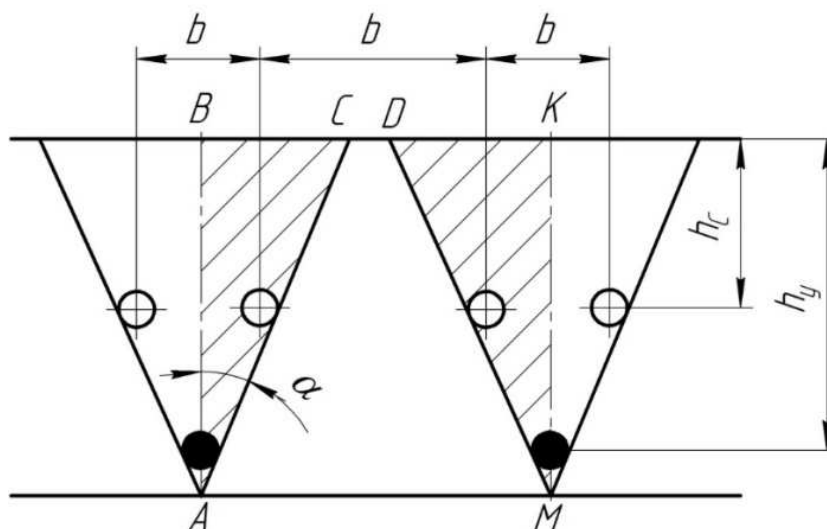
Проведем сравнительную оценку предлагаемого способа образования борозды под удобрения и семена, в основу положив объем разуплотненной почвы. Применение для этой цели дискового ножа, в сравнении с традиционными способами, например, дискованием, культивацией, вспашкой, окажется более эффективным. Это видно на схеме (рисунок 2.3). Сумма площадей прямоугольных треугольников ABC и DKM составляет

лишь часть γ площади сечения пласта, приходящегося на одну борозду для размещения одного рядка удобрений и двух рядков семян.

Если ширина борозды не превышает ширину междурядья, то доля объема разрыхленной почвы γ после прохода дискового ножа составит всего лишь:

$$\gamma = \frac{ABC+MDK}{h_y \cdot B} = \frac{(h_y \cdot tg\alpha + h_y \cdot tg\alpha) \cdot h_y}{h_y \cdot B} = \frac{2h_y \cdot tg\alpha}{B}, \quad (2.8)$$

Для случая, когда ширина борозды равна ширине междурядья, то объём разрыхленной почвы, образованный после прохода дисковым ножом составит половину от объёма, приходящегося на одну борозду.



b – ширина междурядья; h_y – глубина заделки удобрений; h_c – глубина заделки семян; α – угол скалывания почвы;

Рисунок 2.3 – План-схема формирования ложбинки борозды плоским диском и размещения в ней семян и удобрений

При ширине междурядья, превышающей ширину борозды, энергозатраты, вероятно, будут снижены менее чем на половину. Это указывает на целесообразность применения в качестве рыхлителя почвы при посеве диска, что даст возможность почти в два раза снизить затраты энергии на образование борозды.

Предложенный способ формирования борозды под удобрения и семена может быть реализован разработанным, изготовленным опытным образцом посевной секции зернотуковой сеялки. В основу разработки посевной секции зернотуковой сеялки взято техническое решение по патенту РФ № 2400595 (рисунок 2.4), которое отвечает выдвинутым требованиям: рыхление почвы и образование борозд под основное удобрение и семена осуществляется дисками, минеральные удобрения размещены между рядков семян и ниже их уровня, почва над семенами уплотняется, от одного рядка удобрений питание получают два рядка семян, но при предварительных испытаниях опытных образцов (а их было несколько, так как рациональные параметры находились методом «проб и ошибок») был выявлен ряд недостатков: забивалось пространство между посевными дисками, появлялась «борода» растительных остатков на тукопроводе, наблюдалось синусоидальное движение посевной секции в горизонтальной плоскости, каток не выполнял функцию по уплотнению почвы, углы атаки посевных дисков не регулировались, соотношение осей левого и правого дисков не изменялось, прочностные характеристики опытных образцов посевной секции не соответствовали фактическим нагрузкам. Поэтому с нашим участием была разработана конструктивно-технологическая схема посевной секции зернотуковой сеялки (патент РФ № 2400595).

Необходимо отметить, что ряд конструктивных параметров опытного образца посевной секции сеялки: расстояние от оси поворота секции до оси центрального диска, осей посевных дисков, катка, определения мест крепления тукопровода и семяпроводов к раме секции, определялись методом «проб и ошибок», то есть эти параметры неоднократно менялись, а работоспособность посевной секции каждый раз проверялась в реальных полевых условиях.



Рисунок 2.4 – Опытный образец посевной секции на базе дисков в агрегате с трактором Т-40А

Добившись удовлетворительной работоспособности посевной секции: заглубление дисков, плоскорежущей стрельчатой лапы, исключение забивания «узких мест» почвой и растительными остатками - изготовлен улучшенный образец, который потребовал дальнейшую модернизацию и уточнение некоторых конструктивных параметров.

2.3. Модернизация дисковой посевной секции

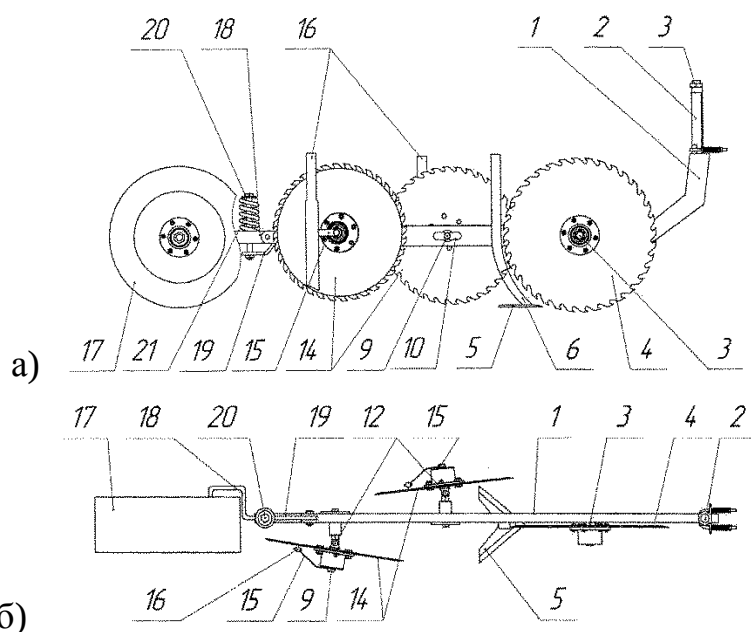
С нашим участием была разработана и изготовлена посевная секция зернотуковой сеялки (см. патент №2542125).

Основным конструктивным элементом посевной секции на базе дисков является Г-образная стойка, включающая вертикальную часть с установленной на ней втулкой. Посредством этой втулки посевная секция крепится к раме сеялки и осуществляется поворот всей конструкции при криволинейном движении посевного агрегата, что исключает ее поломку. К горизонтальной части Г-образной стойки спереди жестко установлена ось, а на оси установлен центральный дисковый нож, назначение которого – разрезание растительных остатков на поверхности почвы и корни сорной растительности, кроме того дисковый нож рыхлит почву, образуя борозду с

поперечным сечением в виде равнобедренного треугольника с вершиной, обращенной вниз. За дисковым ножом установлена стойка-тукопровод стрельчатой лапы, идущая на уровне ниже точки ножа. Стрельчатая лапа подрезает в зоне размещения основного удобрения и семян корневища сорной растительности. С обеих сторон горизонтальной части Г-образной стойки со смещением относительно друг друга позади стрельчатой лапы установлены оси посевных дисков, причем посевные диски установлены под углом к направлению движения, а углы их атаки могут изменяться, длина осей посевных дисков может изменяться при сохранении суммы длин равной ширине междурядья. В «тени» посевных дисков, посредством кронштейнов, прикрепленных к горизонтальной части Г-образной стойки, установлены тукосемяпроводы, их нижние концы расположены над бороздами, выполненными посевными дисками. Такое расположение тукосемяпроводов исключает забивание их почвой.

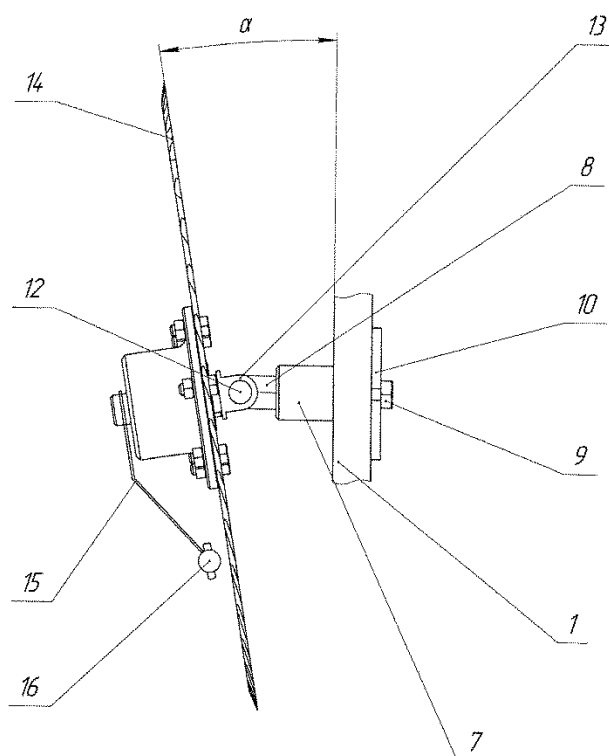
К заднему концу горизонтальной части Г-образной стойки шарнирно прикреплен поводок прикатывающего катка. Сила прижатия катка к почве регулируется пружиной. На дисковый нож действуют значительные силы со стороны почвы, если речь идет о прямом посеве, поэтому с целью исключения поломки стойки в месте ее изгиба установлен упор, разгружающий горизонтальную часть. Элементы описанной конструкции достаточно полно показаны на рисунках 2.5, 2.6, 2.7.

Регулировка глубины посева семян обеспечивается путем изменения положения рамы посевной машины над поверхностью почвы, а также силой прижатия катка к гребню образованному в результате сдвига почвы посевными дисками к середине борозды. Глубина заделки удобрений в рассматриваемом варианте посевной секции на базе дисков не регулируется по той причине, что требования на глубину размещения их в почве не столь жесткие, как для семян – достаточно внести на глубину 0,12-0,15 м, а от рядка семян на 0,02-0,07 м.



а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – Г-образная стойка, 2 – шарнир, 3 – втулка, 4 – передняя ось, 5 – центральный дисковый нож, 6 – плоскорежущая стрелчатая лапа, 7 – стойка-тукопровод, 8 – втулка, 9 – шаровые шарниры, 10 – оси, 11 – посевные диски, 12 – крышки шаровых шарниров, 13 – кронштейн, 14 – регулируемая по длине тяга, 15 – пружина, 16 – вилка, 17 – палец, 18 – втулка, 19 – упор, 20 – выступ, 21 – кронштейны, 22 – тукосемяпроводы, 23 – каток, 24 – поводок, 25 – кронштейн, 26 – регулируемая тяга, 27 – кронштейн, 28 – рама

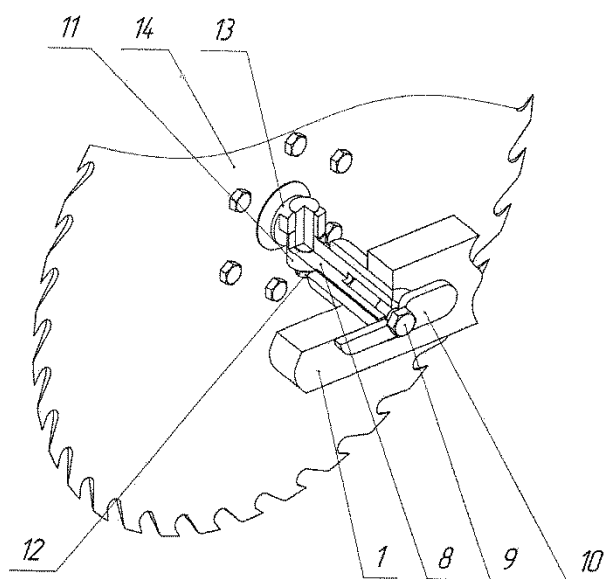
Рисунок 2.5 – Дисковая посевная секция зернотуковой сеялки.



1 – Г-образная стойка, 7 – стойка-тукопровод, 8 – втулка, 9 – шаровые шарниры, 10 – оси, 12 – крышки шаровых шарниров, 13 – кронштейн, 14 – регулируемая по длине тяга, 15 – пружина, 16 – вилка, α – угол атаки посевного диска

Рисунок 2.6 – Устройство для изменения ширины междурядья и угла атаки посевных дисковых ножей (вид сверху).

Ценность принятой конструктивно-технологической схемы посевной секции на базе дисков состоит в том, что разуплотняется минимальный объем почвы, нет оборота подрезанного слоя почвы, почва посевными дисками смещается к середине борозды, а затем возвращается под действием катка на прежнее место, рядок основного удобрения питает на протяжении всего вегетационного периода два рядка семян, к тому же он размещен заданном расстоянии от семян, осуществляется совмещение четырех технологических операций. Все это создает условия для повышения эффективности производства зерновых культур.



1 – Г-образная стойка, 8 – втулка, 9 – шаровые шарниры, 10 – оси, 11 – посевные диски, 12 – крышки шаровых шарниров, 13 – кронштейн, 14 – регулируемая по длине тяга

Рисунок 2.7 – Устройство для изменения ширины междурядья и угла атаки посевных дисковых ножей (изометрия).

2.4. Обеспечение стабилизации хода дисковой посевной секции в горизонтальной плоскости

Стремление совместить ряд операций при посеве привело к тому, что конструктивно-технологическая схема посевной секции имеет многофункциональное назначение, а именно: разрезает пожнивные остатки на поверхности почвы, подрезает сорную растительность, высевает два рядка семян зерновых, вносит основную дозу минеральных удобрений между

рядками семян ниже их уровня, уплотняет почву над бороздой, где размещены семена и удобрения, обеспечивает криволинейное движение агрегата без риска поломки конструкции, исключает забивание пространства между посевными дисками почвой и растительными остатками, то упростить ее не представляется возможным. Казалось бы, поскольку в центральной части борозды размещены и удобрения – основная доза, и два рядка семян слева и справа от удобрений, располагать центральный диск следовало бы на оси симметрии, что повлекло бы применение вилки по типу велосипедного колеса, а, следовательно, материалоемкости конструкции секции. Встает вопрос о смещении в продольной вертикальной плоскости левого и правого посевных дисков, ведь их возможно было бы разместить напротив друг друга, как это у сошников сеялки СЗ-3,6, СЗ-5,4 и других аналогичным им. Полевые опыты с таким вариантом посевной секции исключили эту схему по причине забивания пространства между посевными дисками почвой и растительными остатками. Стремление исключить поломки секции при криволинейном движении посевного агрегата обусловили разработку узла крепления посевной секции к раме, обеспечивающего поворот секции в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси, а это, в свою очередь, породило проблему устойчивости движения посевной секции.

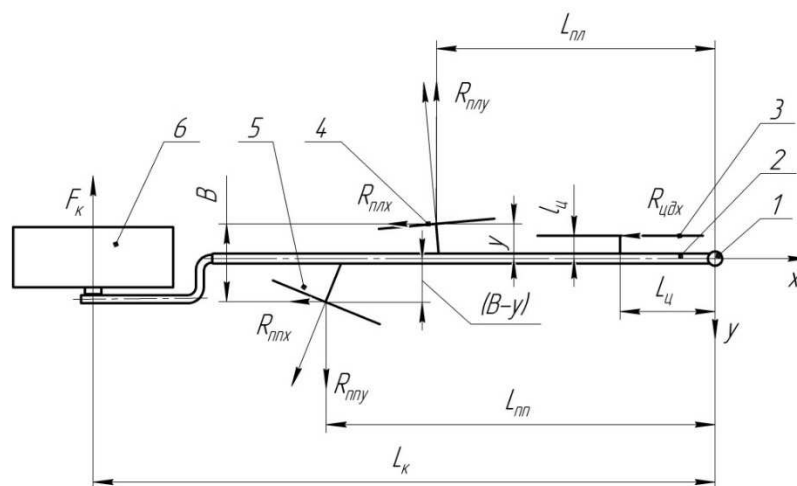
Необходимо обосновать конструктивные параметры посевной секции, которые обеспечили бы устойчивость хода в горизонтальной и вертикальной плоскостях, так как они показывают влияние на глубину хода центрального и посевных дисков.

При изготовлении опытного образца посевной секции центральный диск был расположен слева горизонтальной части Г-образной стойки, посевные диски закреплены по обе ее стороны и отстояли один от другого на расстояние, больше их радиуса и расположены под острыми углами к направлению движения, с возможностью изменения углов. Плоскорежущая стрелчатая лапа, расположенная на глубине посева соосно с центральным диском, оснащена стойкой-тукопроводом. Поэтому силы сопротивления

почвы, действующие на лапу, не будут влиять на устойчивость хода посевной секции, с целью упрощения аналитической модели они не будут учтены.

Каток, прикрепленный к заднему концу Г-образной стойки, выполняет две функции: уплотняет почву в борозде, где размещено основное удобрение и два рядка семян и оказывает сопротивление уводу посевной секции в левую или правую сторону, если окажется достаточной сила прижатия его к поверхности почвы, а шарнир, соединяющий поводок катка и задний конец стойки, будет выполнен по принципу «втулка-палец», но не в виде крестовины кардана с двумя степенями свободы.

Схема сил, действующих на детали и узлы посевной секции зернотуковой сеялки в горизонтальной плоскости, представлена на рисунке 2.8.



B – ширина междурядья; $L_{ц}$, $l_{ц}$ – расстояние от оси поворота Г-образной стойки соответственно до оси вращения центрального диска и удаления его от оси симметрии стойки; $L_{пл}$, $L_{пп}$, L_K – расстояние от оси поворота Г-образной стойки соответственно до точки приложения сил к левому, правому посевным дискам и катку; $l_{пл}$, $l_{пп}$ – расстояние от точки вращения соответственно левого и правого посевных дисков до оси симметрии Г-образной стойки; 1 – ось поворота секции; 2 – Г-образная стойка; 3 – диск центральный; 4 – левый посевной диск; 5 – правый посевной диск; 6 – каток; F_K – сила сцепления катка с почвой, направленная в поперечном направлении движению секции; $R_{ппу}$ и $R_{ппх}$ – силы сопротивления движению правого посевного диска в направлении соответственно оси Y и X ; $R_{ллу}$ и $R_{ллх}$ – силы сопротивления движению левого посевного диска в направлении соответственно оси Y и X ; $R_{цдх}$ – лобовое сопротивление центральному диску.

Рисунок 2.8 – Кинематическая схема посевной секции (вид сверху) и силы, приложенные к ее элементам

Следует заметить, что сумма длин осей посевных дисков должна быть равной ширине междурядья для зерновых культур.

Устойчивый ход посевной секции в горизонтальной плоскости определяется равенством моментов сил, действующих на ее конструктивные элементы:

$$F_k \cdot L_k + R_{\text{плу}} \cdot L_{\text{пл}} + R_{\text{ппх}}(B - Y) = R_{\text{цдх}} \cdot l_{\text{ц}} + R_{\text{плх}} \cdot Y + R_{\text{ппу}} \cdot L_{\text{пп}}, \quad (2.9)$$

Решение полученного уравнения моментов (9) возможно при известных значениях этих сил и величинах плеч приложения. Установим их значения.

2.4.1. Определение сил, действующих на центральный диск

Наблюдения за работой опытного образца посевной секции на базе дисков показывают, что на ось центрального диска действуют большие нагрузки. Рассмотрим действующие на диск силы. Рабочая зона плоского диска – это режущая кромка и боковые стороны, находящиеся в почве в виде сегментов, причем сила сопротивления движения диска формируется на передней части сегмента.

Как выше отмечалось, при погружении плоского диска в почву сопротивление движению возникает на режущей кромке (рисунок 2.9) и боковых сторонах по площади, пропорциональной левому и правому полусегментам ADC окружности радиусом r , находящихся в почве. Суммарная сила сопротивления приложена в средней части дуги окружности в точке В, а ее вектор $R_{\text{ц}}$ проходит через ось вращения, т.е. через точку О.

$$AB = \frac{h}{2\sin\gamma}, \quad (2.12)$$

Отсюда следует, что значение катета АВ можно представить, как отношение:

$$\frac{AB}{r} = \sin\gamma \text{ или } AB = r\sin\gamma, \quad (2.13)$$

Тогда $\frac{h}{2\sin\gamma} = r\sin\gamma$; или $h = 2r\sin^2\gamma$. Следовательно $\sin^2\gamma = \frac{h}{2r}$; или

$$\sin\gamma = \sqrt{\frac{h}{2r}}.$$

Находим угол γ :

$$\gamma = \arcsin\sqrt{\frac{h}{2r}}, \quad (2.14)$$

Зная угол между вертикалью и вектором равнодействующей силы $R_{ц}$, легко найти значение горизонтальной составляющей сопротивления диску:

$$R_{цдх} = R_{цдз} \operatorname{tg} \arcsin\sqrt{\frac{h}{2r}},$$

или

$$R_{цдх} = f(h; v_p) \operatorname{tg} \arcsin\sqrt{\frac{h}{2r}}, \quad (2.15)$$

Анализ выражения (2.15) показывает, что сила сопротивления диску зависит от его радиуса r , глубины погружению в почву h_y , ее физико-механических свойств и скорости движения v_p сельхозмашины.

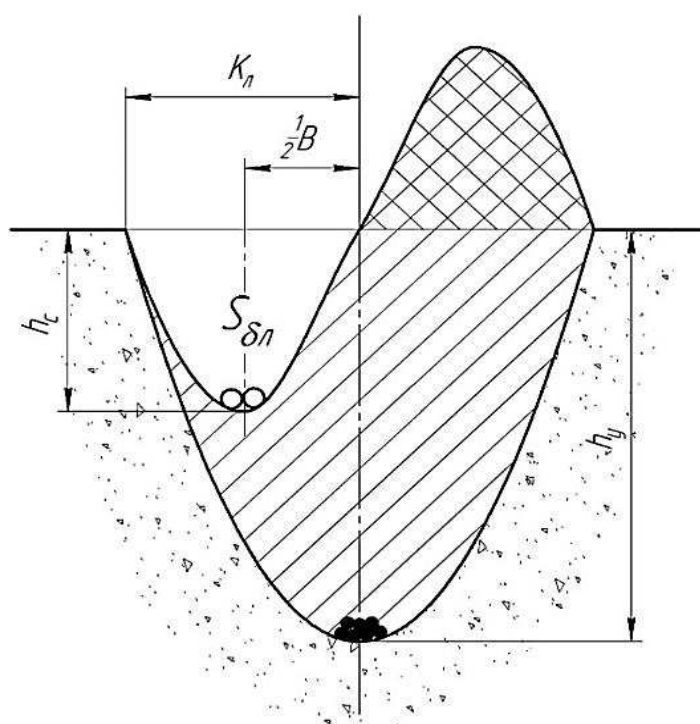
2.4.2. Определение сил, действующих на посевные диски

С целью образования борозды под семена левый и правый посевные диски, установлены под острыми углами к направлению движения. Центральный дисковый нож разрезает почву, формирует бороздку под

удобрения и разуплотняет почву, таким образом помогает посевным дискам формировать борозды под семена.

Борозды образуются путем сдвига почвы к середине следа от тукопровода. После размещения семян в бороздах, каток воздействует на образованный гребень разрыхленной почвы, смещая ее в борозды и уплотняя.

Схема взаимодействие левого посевного диска с почвой, который установлен ближе к центральному диску и находится с ним по одну сторону относительно рамы посевной секции, представлена на рисунке 2.10.



$K_л$ – ширина борозды в верхней части; $S_{бл}$ – площадь поперечного сечения борозды; B – ширина междурядья; h_c , h_y – глубина размещения соответственно семян и удобрений в почве

Рисунок 2.10 – Схема формирования борозды левым посевным диском

Взаимодействие плоского диска с почвой, установленного под углом к направлению движения, аналогично работе отвала плуга. Посевной диск идет вслед за центральным диском, который как отмечалось выше, разуплотняет почву, и смещает ее в сторону, именно в этом случае идет сравнение работы посевного диска с отвалом плуга, без наличия в конструкции центрального дискового ножа – этого делать нельзя. Принимая это допущение за основу,

сопротивление посевных дисков установим, как произведение проекции площади сегмента АКВС (рисунок 2.11) на плоскость yOz и удельного сопротивления сдвигу K_y , тогда сила сопротивления (см. рисунок 2.8) будет равна:

$$R_{\text{плх}} = S_{\text{АКВС}} \cdot \sin \tau_{\text{л}} \cdot K_y, \quad (2.16)$$

где $S_{\text{АКВС}}$ - площадь сегмента АКВС, м^2 ; K_y - удельное сопротивление почвы, кН/м^2 ;

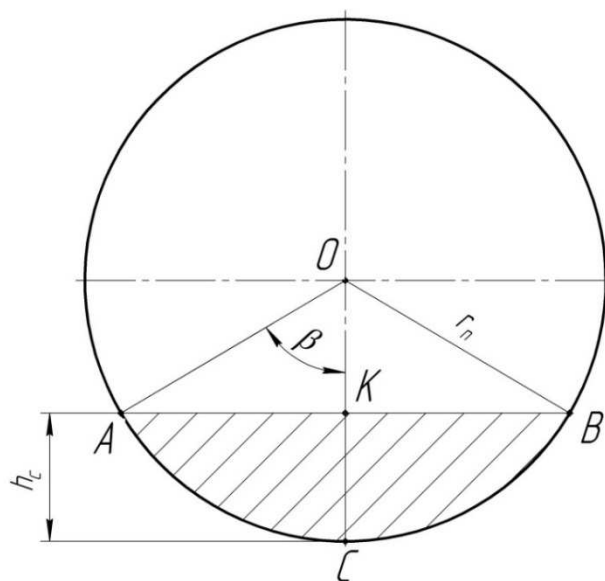


Рисунок 2.11 – Схема взаимодействия посевного диска с почвой

Произведение $S_{\text{АКВС}} \cdot K_y$ следует рассматривать как равнодействующую силу, приложенную к диску в горизонтальной плоскости xOy .

Определим площадь поперечного сечения ложбинки борозды, выраженную используя через глубину засева посева h_c и радиус диска r_d . Для этого необходимо знать площадь сегмента левого посевного диска, погруженного в почву (рисунок 2.11) и угол его атаки.

Площадь сектора сегмента АКВС найдем по известным формулам, как разность сектора АОВС и треугольника АОВ (рисунок 2.11):

$$S_{\text{АКВС}} = S_{\text{АОВС}} - S_{\text{АОВ}},$$

Площадь сектора АОВС равна:

$$S_{AOBC} = \frac{2\beta}{360} \pi r_{\Pi}^2,$$

Угол β найдем с из треугольника КОВ (рисунок 2.11):

$$\frac{r_{\Pi} - h_c}{r_{\Pi}} = \sin \beta,$$

Откуда:

$$\beta = \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\Pi}} \right), \quad (2.17)$$

Площадь треугольника АОВ равна:

$$\begin{aligned} S_{AOB} &= (r_{\Pi} - h_c)KB = (r_{\Pi} - h_c)r_{\Pi} \cos \beta = \\ &= (r_{\Pi} - h_c)r_{\Pi} \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\Pi}} \right). \end{aligned}$$

Следовательно, площадь сегмента АКВС примет вид:

$$S_{AKBC} = \frac{2 \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\Pi}} \right) \pi r_{\Pi}^2}{360} - r_{\Pi} (r_{\Pi} - h_c) \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\Pi}} \right). \quad (2.18)$$

Площадь поперечного сечения борозды будет равна проекции площади сегмента на вертикальную плоскость yOz , так как посевной диск установлен под углом τ (рисунок 2.12):

$$S_{\delta л} = S_{AKBC} \sin \tau_{л} \quad (2.19)$$

Чтобы исключить рассев семян по ширине борозды и обеспечить установленную глубину их заделки, концы семяпроводов, установленных в тени посевных дисков, помещаются в верхнюю часть борозды, поэтому ее ширина должна быть равной или большей размера конца семяпровода $K_{л}$. Поэтому величину угла атаки $\tau_{л}$ левого посевного диска найдем из условия минимальной ширины борозды в верхней ее части (рисунок 2.12):

$$\frac{K_{\text{л}}}{l_{\text{хл}}} = \sin \tau_{\text{л}}.$$

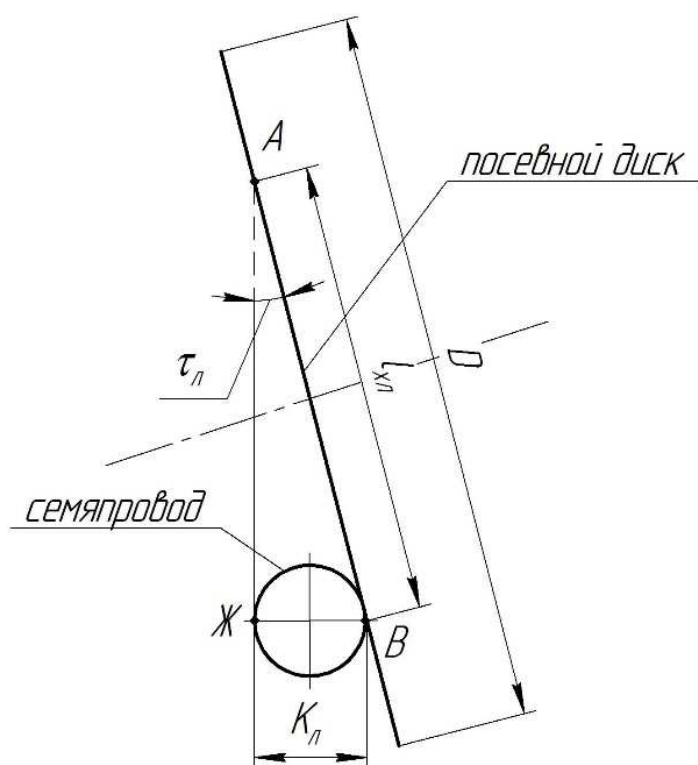
Откуда $\tau_{\text{л}} = \arcsin \frac{K_{\text{л}}}{l_{\text{хл}}}$,

Длина хорды $l_{\text{хл}}$ описывается выражением (рисунок 2.12):

$$l_{\text{хл}} = 2r \cos \beta = 2r \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\text{п}}}\right). \quad (2.20)$$

С учетом выражения (2.20) значение угла атаки левого посевного диска $\tau_{\text{л}}$ будет определяться зависимостью:

$$\tau_{\text{л}} = \arcsin \frac{K_{\text{л}}}{2r_{\text{п}} \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{\text{п}}}\right)}. \quad (2.21)$$



$l_{\text{хл}}$ – длина хорды диска (границы контакта почвы с диском); D – диаметр диска; $\tau_{\text{л}}$ – угол атаки левого посевного диска; $K_{\text{л}}$ – ширина конца семяпровода, установленного за левым посевным диском

Рисунок 2.12 – Схема места расположения левого посевного диска и семяпровода (вид сверху)

Анализ полученного выражения показывает, что угол атаки левого посевного диска, обеспечивающего образование борозды под семена

требуемых параметров, зависит от радиуса r самого диска и глубины посева семян.

Угол атаки правого посевного диска τ_{π} будет установлен из решения уравнения моментов (2.9) при одновременном рассмотрении устойчивости посевной секции в поперечной вертикальной плоскости, т. к. изменение угла атаки диска ведет к изменению сил, действующих на него не только в горизонтальной, но и вертикальной плоскостях, т.е. будет необходимо решить систему уравнений с двумя неизвестными, угол атаки правого посевного диска τ_{π} и соотношение длин осей посевных дисков при постоянной ширине междурядья B .

Тогда с условием учетом выражений (2.18), (2.19) зависимость (2.16) примет вид:

$$R_{\text{плх}} = \left[\frac{\frac{2 \arcsin\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right)}{360} \pi r_{\pi}^2 - r_{\pi}(r_{\pi} - h_c) \cos \arcsin\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right) \right] \sin \arcsin \frac{K_{\text{л}}}{2r_{\pi} \cos \arcsin\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right)} K_y. \quad (2.22)$$

Сила, действующая по оси Y на левый посевной диск, т. е. $R_{\text{плу}}$, равна (рисунок 1.5):

$$R_{\text{плу}} = \left[\frac{2 \arcsin\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right)}{360} \pi r_{\pi}^2 - r_{\pi}(r_{\pi} - h_c) \arccos\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right) \right] \cdot \arccos \frac{K_{\text{л}}}{2r_{\pi} \cos \arcsin\left(1 - \frac{h_c}{r_{\pi}}\right)} \cdot K_y \quad (2.23)$$

Таким образом, силы, действующие на левый посевной диск в горизонтальной плоскости xOy , зависят от: ширины конца семяпровода, радиуса диска r_{π} , глубины засева посева h_c и удельного противодействия сопротивления почвы K_y .

Вертикальную составляющую силы $R_{\text{плз}}$ найдем, исходя из принятого положения, что равнодействующая горизонтальной $R_{\text{плх}}$ и вертикальной силы $R_{\text{плз}}$, действующей на диск, проходит через ось вращения, т.е. необходимо

знать угол $\gamma_{пл}$ между вертикалью и равнодействующей силой, он определяется по зависимости, аналогичной (2.14):

$$\gamma_{пл} = \arcsin \sqrt{\frac{h_c}{2r_{п}}} \quad (2.24)$$

Тогда вертикальная составляющая $R_{плz}$, действующая на левый посевной диск, определится так:

$$R_{плz} = \frac{R_{плx}}{tg \gamma_{пл}} = \frac{R_{плx}}{tg \arcsin \sqrt{\frac{h_c}{r_{п}}}} \quad (2.25)$$

Таким образом, все три составляющие равнодействующей силы левого посевного диска установлены.

Выразим составляющие равнодействующей, приложенной к правому посевному диску, через угол атаки $\tau_{п}$.

Силу, действующую на правый посевной диск по оси OX $R_{ппx}$ найдем по зависимостям, аналогичным (2.16) и (2.22), а именно:

$$R_{ппx} = \left[\frac{2 \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{п}} \right)}{360} \pi r_{п}^2 - r_{п}(r_{п} - h_c) \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{п}} \right) \right] K_y \sin \tau_{п}. \quad (2.26)$$

Силу $R_{ппy}$ найдем по формуле, аналогичной (2.21), а именно:

$$R_{ппy} = \left[\frac{2 \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{п}} \right)}{360} \pi r_{п}^2 - r_{п}(r_{п} - h_c) \cos \arcsin \left(1 - \frac{h_c}{r_{п}} \right) \right] K_y \cos \tau_{п}. \quad (2.27)$$

Вертикальную составляющую силы, действующей на правый посевной диск установим по зависимости, аналогичной (25), т. е.:

$$R_{ппz} = \frac{R_{ппx}}{tg \gamma_{п}} = \frac{R_{ппx}}{tg \arcsin \sqrt{\frac{h_c}{r_{п}}}}. \quad (2.28)$$

Здесь $\gamma_{п}$ – угол между равнодействующей силой, проходящей через центр вращения правого посевного диска и вертикалью.

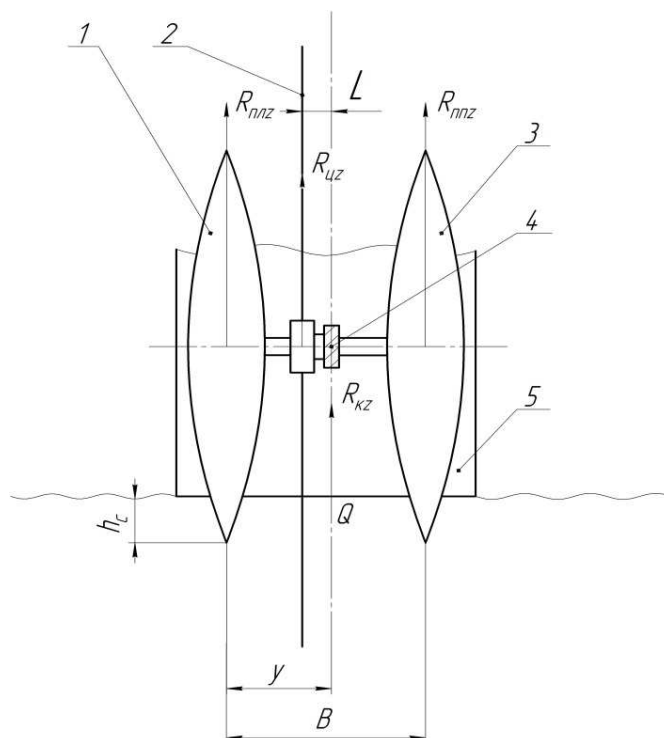
2.5. Исследование устойчивости хода посевной секции на базе дисков в поперечной плоскости

Главная особенность посевной секции зернотуковой сеялки на базе дисков - ее асимметричность, проявляющаяся в том, что ее центральный диск смещен, он не находится на оси симметрии стойки; посевные диски установлены по обе стороны от стойки и смещены относительно друг друга, т.е. находятся на различном расстоянии от оси поворота секции.

Принимаем условия:

- а) оси симметрии катка и Г-образной стойки находятся в вертикальной плоскости;
- б) влиянием объема почвы, находящимся над стрелчатой лапой, из-за их размеров и с целью упрощения аналитической модели пренебрегаем.

Схема сил, действующих на конструктивные элементы посевной секции, в плоскости yOz представлена на рисунке 2.13.



1 - левый посевной диск; 2 - центральный диск; 3 - правый посевной диск; 4 - Г-образная стойка; 5 - каток

Рисунок 2.13 – Схема сил, действующие на посевную секцию в поперечной плоскости (вид спереди)

Уравнение моментов сил в плоскости yOz , относительно точки Q , имеет вид:

$$R_{плz}Y = R_{ппz}(B - Y) + R_{цдз}L \quad (2.29)$$

Сила $R_{ппz}$, действующая на правый посевной диск, зависит от угла атаки τ_n , который не определен, следовательно, зависимость (2.29) есть функция двух переменных: угла атаки правого диска τ_n и расстояния Y , на каком он установлен относительно Г-образной стойки.

Для определения этих параметров решим систему двух уравнений, включающих зависимости (2.9) и (2.29), а именно:

$$\begin{cases} F_k L_k + R_{плу}L_{пл} + R_{ппх}(B - Y) - R_{цдх}l_{ц} - R_{плх}Y - R_{ппу}L_{пп} = 0 \\ R_{плz}Y - R_{ппz}(B - Y) - R_{цдз}L = 0 \end{cases} \quad (2.30)$$

В зависимости (2.9) неизвестной является сила трения катка о почву F_k , действующая в поперечном направлении движения секции (сила сопротивления отклонению посевной секции от прямолинейного движения), она определяется формулой:

$$F_k = P_k \times \mu, \quad (2.31)$$

где P_k – сила прижатия катка к грунту почве, Н; μ - коэффициент сцепления катка с почвой.

Решив систему уравнений относительно переменных Y – длины оси левого посевного диска и τ_n , найдем значение искомых параметров, обеспечив тем самым стабилизацию хода посевной секции зернотуковой сеялки как в плоскости xOy , так и yOz .

После выполнения преобразований во втором уравнении системы и подстановки значения Y , получаем:

$$Y = \frac{R_{ппz}B + R_{цдз}L}{R_{плz} + R_{ппz}} \quad (2.32)$$

$$F_k L_k + R_{плу}L_{пл} + R_{ппх}B - (R_{ппх} + R_{плх})Y - R_{цдх}l_{ц} - R_{ппу}L_{пп} = 0 \quad (2.33)$$

или:

$$F_k L_k + R_{плу} L_{пл} + R_{ппх} B - (R_{ппх} + R_{плх}) \frac{R_{ппз} B + R_{цдз} L}{R_{плз} + R_{ппз}} - \\ - R_{цдх} l_{ц} - R_{ппу} L_{пп} = 0 \quad (2.34)$$

Изменяя угол атаки правого посевного диска τ_p , находя значение сил, действующих на оба посевных диска в плоскости xOy , выполняем расчеты по уравнению (2.34). Обеспечение условия (2.34), укажет на стабилизацию хода посевной секции в горизонтальной плоскости. Зная оптимальное значение угла атаки τ_p , найдем длину оси правого посевного диска, когда будет обеспечена устойчивость посевной секции на базе дисков в поперечной плоскости.

2.6. Выводы

1. Результатом модернизации посевной секции явилась возможность изменения углов атаки посевных дисков и соотношения, их длин осей при постоянной ширине междурядья, а также повышение жесткости конструкции.

2. Разработанные аналитические модели взаимодействия конструктивных элементов дисковой посевной секции с почвой показали, что:

- вертикальная и горизонтальная силы, действующие на центральный диск, зависят от его радиуса и глубины погружения в почву;
- составляющие равнодействующей силы посевных дисков зависят от их радиусов, глубины погружения, ширины семяпроводов и удельного сопротивления сдвигу почвы;
- сила сцепления катка с почвой зависит от размера пятна контакта, коэффициента сцепления с почвой и силы его прижатия.

3. Устойчивость хода дисковой посевной секции обеспечивается при учете силы сцепления катка с почвой.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для обоснования параметров дисковой посевной секции необходимо располагать количественной информацией, такой как:

- закономерность изменения сопротивления внедрения плоского диска в почву;
- значение угла скалывания почвы при формировании борозды посредством плоского диска;
- параметры борозды под семена, создаваемых посредством дисков, установленных под углом к направлению движения;
- оценка состояния опытного участка в период проведения опытов (влажность, твердость)

Для этого необходимо:

- 1) разработать конструктивную схему устройства для проведения исследований по оценке сопротивления погружению плоского диска в почву, изготовить ее, провести тарировку и апробировать в полевых условиях;
- 2) разработать конструктивную схему устройства, позволяющего определить боковую силу, действующую на посевной диск, расположенный под углом к направлению движения.

3.1. Разработка установки для определения силы сопротивления погружению центрального диска

В настоящее время методы выполнения исследований в агроинженерии, используемое оборудование шагнули далеко вперед. Многие приборы для определения давления, крутящего момента, скорости движения, частоты вращения и др. основаны на применении электричества, магнитных полей и др. Они, как правило, дорогостоящие и не всегда доступны, поэтому на местах исследователи применяют тензометрическую аппаратуру, изготавливают тензоблоки, и др., проводят их тарировку, но если

исследовательская работа выполняется в лаборатории, стационарных условиях. У нас стоит задача определения силы сопротивления погружения плоского диска в почву при движении агрегата, для этого нужна мобильная установка, тензолaborатория на автотранспорте высокой проходимости, но у нас такая лаборатория отсутствует.

Поэтому принято решение находить расчетным путем по величине сжатия оттарированной спиральной пружины и тарировочного графика силу сопротивления внедрению диска в почву. Пружина устанавливается в специальном устройстве, навешенном на навеску трактора. Предложено величину сжатия пружины регистрировать путем съемки видеокамерой или многократным фотографированием в момент движения трактора, который создает усилие на диск через пружину, при этом глубину погружения диска возможно определить путем подсчета количества окружностей, выполненных на диске через определенные расстояния. Разработаем схему такого устройства, но сначала необходимо провести анализ существующих приборов, используемых при решении подобных задач.

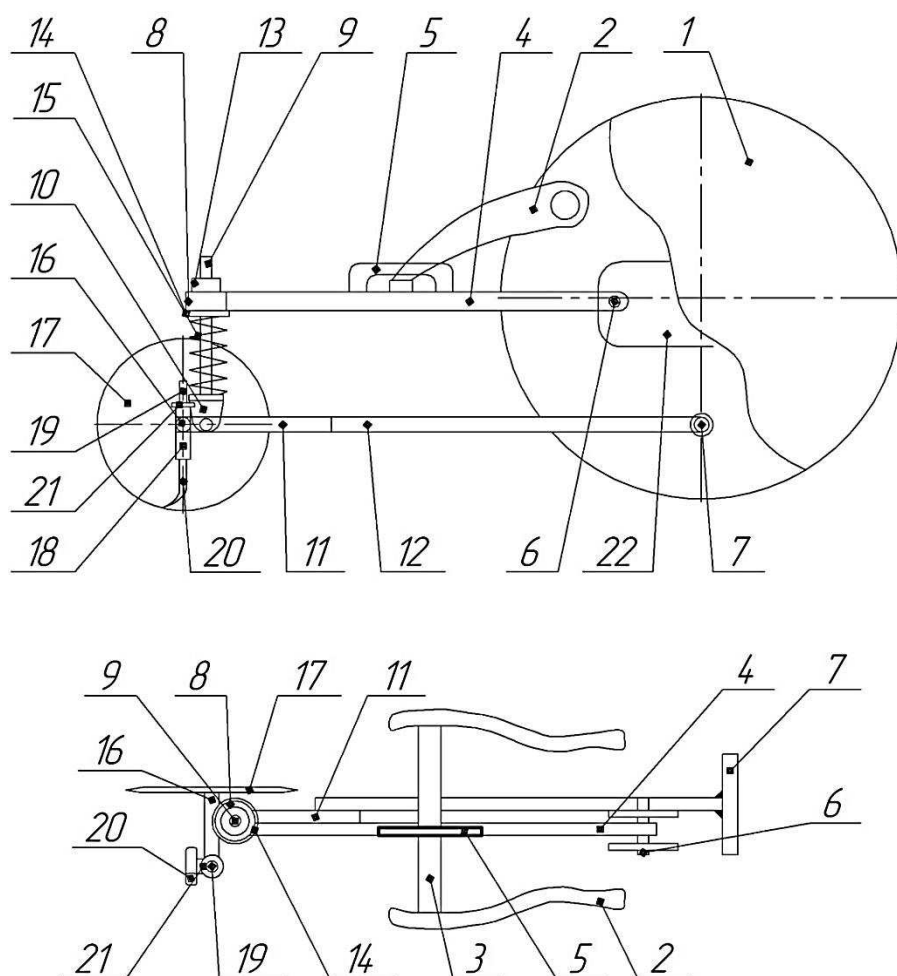
Известен ряд технических решений, которые частично могут решать стоящую задачу. Предложен способ нахождения величины смятия почвы при погружении конического плунжера [91], затем расчетным путем находят отношение нагрузки, действующей на плунжер к объему смятой почвы. Недостаток способа – не приведена схема устройства, реализующего предложенный способ.

Также предложен способ расчета аналитическим путем удельного сопротивления плугу при вспашке [92] по известным плотности пласта и величине всасывающего давления. Недостаток способа – нет схем устройств, которые используются при нахождении параметров состояния почвы.

Известны устройства, оценивающие износ и сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих машин [93, 94]. Недостаток – не показаны конструктивные элементы погружающие рабочие органы в почву и регистрирующие усилие сопротивления погружению.

Известен твердомер почвы ИП 232 РЭ [95], где используется спиральная оттарированная пружина. Прибор не приспособлен к погружению в почву других, кроме плунжеров, элементов, типа диск.

Проведенный краткий анализ способов и устройств по оценке взаимодействия рабочих органов сельхозмашин с почвой указывает на необходимость разработки и изготовления установки, которая позволит определить силу сопротивления погружения диска в почву. Схема установки представлена на рисунке 3.1, на нее получен патент РФ №152066.



а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – трактор; 2 – рычаги гидронавески трактора; 3 – поперечная балка; 4 – балка; 5 – скоба; 6 – палец; 7 – кронштейн верхней тяги гидронавески; 8 – упор; 9 – шток; 10 – кронштейн; 11 – кронштейн оси диска; 12 – тяга; 13 – гайка; 14 – шайба; 15 – пружина; 16 – ось диска; 17 – диск; 18 – направляющая; 19 – шток со шкалами; 20 – ползун; 21 – ограничитель хода штока; 22 – втулка оси нижних тяг гидронавески

Рисунок 3.1 - Установка для определения силы сопротивления

Установкой для определения силы сопротивления погружения диска в почву пользуются следующим образом: тракторист, находясь в тракторе 1, включает гидросистему трактора, в результате чего рычаги 2 опускаются вниз, но к ним жестко прикреплена балка 3, контактирующая с продольной балкой 4, на конце которой погружению диска в почву установлен упор 8 и кронштейном 10 помещена оттарированная пружина 15, внутри которой расположен шток 9. По величине выдвижения штока 9 над гайкой 13 и тарировочного графика пружины 15 определяют силу сопротивления погружению диска в почву. Глубину погружения диска в почву фиксируют одновременно с нахождением силы сопротивления. Глубина погружения диска в почву - это расстояние между торцом направляющей 18 и ограничителем хода штока 21, фиксируют с помощью фотокамеры с последующей обработкой кадров.

В транспортное положение после окончания исследований установку переводят в такой последовательности: включают гидросистему трактора на «подъем», в результате чего рычаги 2 перемещаются вверх, увлекают за собой балку 3, контактирующую со скобой 5, жестко прикрепленной к балке 4, а к концу балки 4 посредством упора 8, гайки 13, штока 9, кронштейна 10, закреплена технологическая часть установки, которая поднимается в транспортное положение.

Применение установки позволит с достаточной степенью точности получить зависимость силы сопротивления погружению диска в почву от глубины, что исключает приобретение дорогостоящей тензометрической аппаратуры.

В условиях мастерских Белгородского ГАУ изготовлена, разработанная и защищенная патентом РФ на полезную модель [96], установка для определения силы сопротивления погружения диска в почву. Следует заметить, что с целью упрощения конструкции установки в части определения глубины погружения диска в почву на одной его стороне выполнено определенное количество концентрических окружностей. Радиус

каждой окружности увеличивается на один сантиметр, это позволяет при работе установки определять глубину погружения диска в почву, зная общее количество окружностей путем вычета тех, которые находятся в почве. Количество окружностей, находящихся в почве получаем из анализа фотоматериалов фиксации работы установки (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Установка для определения силы сопротивления погружению диска в почву

Пружину установки оттарировали на специальном стенде (рисунок 3.3)



Рисунок 3.3 – Тарировка пружины

А силу сопротивления погружению диска в почву определяли на специальном стенде по тарировочному графику (рисунок 3.4), построенному по экспериментальным данным (приложение А таблица А.1).

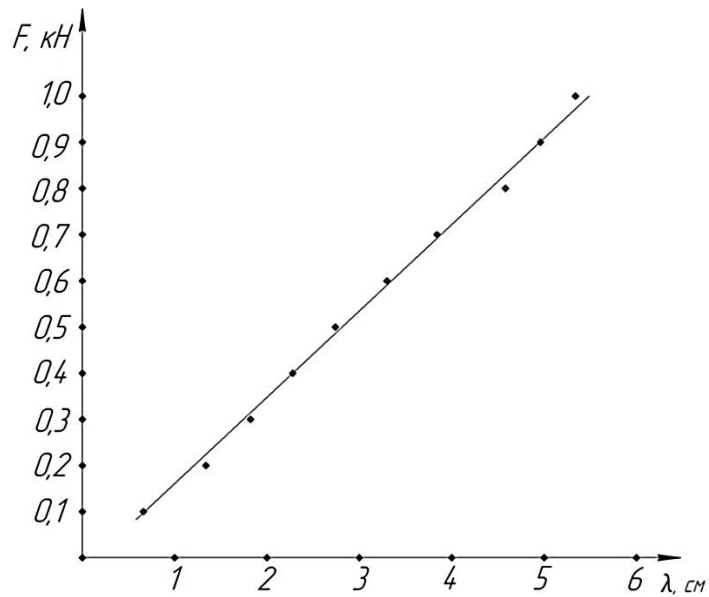


Рисунок 3.4 – Тарировочный график пружины

По результатам обработки фотоматериалов, где указаны величина деформации пружины и глубина погружения диска, с использованием тарировочного графика (Приложение А таблица А2), строится график изменения силы сопротивления погружения плоского диска от глубины (рисунок 3.5). Расположение точек на графике при четырех значениях глубины погружения диска указывает на возможность описания их линейной зависимости, т.е. $R_{\text{цдз}} = 72,433h_y - 17,585$.

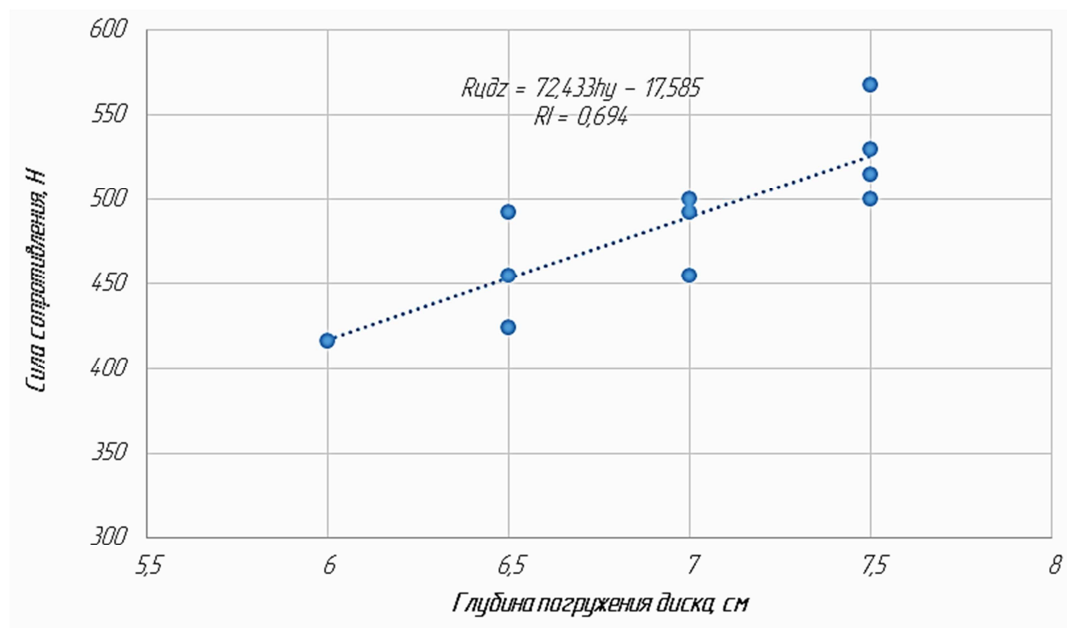
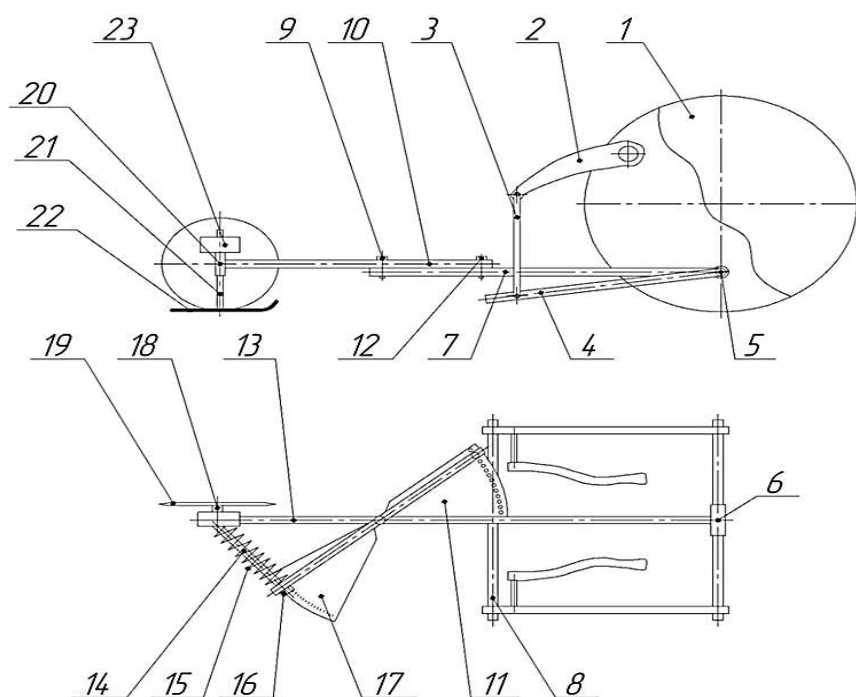


Рисунок 3.5 - Изменение силы сопротивления погружению диска в почву от глубины при скорости движения $v = 3,33$ м/с

Из графика видно, что для погружения диска на глубину 7 см потребуется сила, равная 485 Н.

3.2. Разработка установки для определения боковой силы, действующей на посевной диск

В целях создания борозды для укладки семян и стартового удобрения посевные диски устанавливаются под острыми углами, что обуславливает появление силы, действующей на боковую поверхность диска, а это и нарушает стабилизацию движения посевной секции в горизонтальной плоскости xOy . Для регистрации боковой силы разработана конструктивная схема установки (рисунок 3.6), навешиваемая на гидравлическую навеску трактора.



а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – трактор; 2 – кронштейн; 3 – раскос; 4 – нижняя тяга; 5 – ось; 6 – втулка; 7 – тяга; 8 – балка; 9 – палец; 10 – двуплечий рычаг; 11 – сектор со шкалой углов; 12 – фиксатор; 13 – кронштейн диска; 14 – шток; 15 – пружина; 16 – гайка; 17 – линейка; 18 – ось диска; 19 – диск; 20 – направляющая штока; 21 – шток; 22 – ограничитель погружения диска в почву; 23 – грузы

Рисунок 3.6 - Установка для определения боковой силы, действующей на плоский диск

Установка для определения боковой силы состоит из трактора 1, к концам рычагов гидронавески 2 которого шарнирно закреплены раскосы 3, нижние концы которых также закреплены на нижних тягах 4 навески трактора, причем передние концы нижних тяг 4 гидронавески трактора шарнирно установлены на концах оси 5, а в средней части оси 5 установлена втулка 6. К втулке 6 жестко прикреплена тяга 7, размещенная ниже балки 8, соединяющей концы нижних тяг 4. К заднему концу тяги 7 посредством пальца 9 шарнирно прикреплен двуплечий рычаг 10, причем передний конец двуплечего рычага находится над сектором со шкалой углов 11 с возможностью установки посредством фиксатора 12 в определенном положении над сектором. Посредством пальца 9 также шарнирно крепится передний кронштейн диска 13, причем к заднему концу кронштейна шарнирно прикреплен шток 14 с установленной на нем пружиной 15, свободный конец штока 14 помещен в отверстие, выполненное в заднем конце двуплечего рычага 10, свободный конец штока 14 оснащен гайкой 16, к заднему концу двуплечего рычага 10 жестко прикреплена линейка 17, нулевое значение шкалы линейки совпадает с концом штока 14. К заднему концу кронштейна диска 13 жестко прикреплена ось диска 18 с установленным на ней диском 19, причем к торцу оси 18 жестко прикреплена направляющая штока 20, куда помещен шток 21 ограничителя глубины погружения в почву 22 диска 19. На верхний конец штока 21 ограничителя глубины погружения в почву диска 19 установлены грузы 23.

Последовательность действий по определению боковой силы, действующей на диск, установленный под углом к направлению движения, следующая: трактор с навешенной установкой выводится на учетную делянку поля, посредством гидросистемы трактора рычаги 2 опускаются вниз, в результате чего раскосы 3, нижние тяги 4, балка, соединяющая концы нижних тяг 8, также опускаются вниз, в результате чего тяга 7 и прикрепленные к ней посредством пальца 9 конструктивные элементы: двуплечий рычаг 10, кронштейн диска 13, ось диска 18, диск 19,

направляющая штока 20, шток 21, ограничитель погружения диска 22, грузы 23 опускаются вниз, при этом ограничители погружения диска 22 контактируют с почвой. Посредством перемещения штока 21 в его направляющей 20 устанавливается требуемая глубина погружения диска 19 в почву. При необходимости устанавливаются дополнительные грузы 23. Перед опусканием установки в рабочее положение посредством гайки 16 выбирается свободный зазор пружины и отмечается положение конца штока 14 относительно шкалы 17, затем передний конец двуплечего рычага 10 отводится на требуемый угол и устанавливается на секторе шкалы углов 11 посредством фиксатора 12. Это действие позволяет установить диск 19 под заданным углом к направлению движения.

Когда на диск 19 действует боковая сила, сжимающая пружину 15, конец штока 14 принимает определенное положение относительно нулевой отметки, которое фиксирует фотокамера. Угол отклонения диска от линии направления движения определяется по формуле:

$$\alpha = \alpha_0 - \Delta \bar{\alpha}, \quad (3.1)$$

где α , α_0 - значение угла отклонения диска действительное и установленное перед проведением опыта, град.; $\Delta \bar{\alpha}$ - среднее значение угла поворота диска, град.

Значение $\Delta \bar{\alpha}$ определяется как средняя величина углов отклонения:

$$\Delta \bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta \alpha_i}{n}, \quad (3.2)$$

где $\Delta \bar{\alpha}$ - значение угла отклонения диска от первоначально установленного, град.; n - количество проанализированных кадров, шт.

Необходимо отметить, что шкала 17 имеет двойную тарировку по углу (в градусах) и линейную (в мм). Фиксация места положения точки конца штока 14 относительно шкалы, например, при значении N делений (мм) позволяет с применением тарировочного графика определить силу сжатия пружины:

$$F = N \times c, \quad (3.3)$$

где N - число делений на шкале, мм; c - жесткость пружины, Н/мм.

После нахождения ряда значений боковой силы, действующей на диск, при различных значениях угла атаки строится график изменения боковой силы, действующей на диск, от его угла атаки при различных глубине погружения и скорости движения. Следует заметить, что при проведении исследований по выбранной теме диссертационной работы была изготовлена посевная секция на базе дисков, которая неоднократно переделывалась с целью достижения приемлемой работоспособности, это потребовало значительных затрат времени и средств, кроме того была разработана и изготовлена установка для определения силы сопротивления погружения диска в почву, поэтому было принято решение ограничиться разработкой конструктивной схемы устройства для определения силы, действующей на диск, установленный под углом к направлению движения, на которую получен патент РФ № 165367 на полезную модель.

3.3. Определение угла скалывания почвы плоским диском

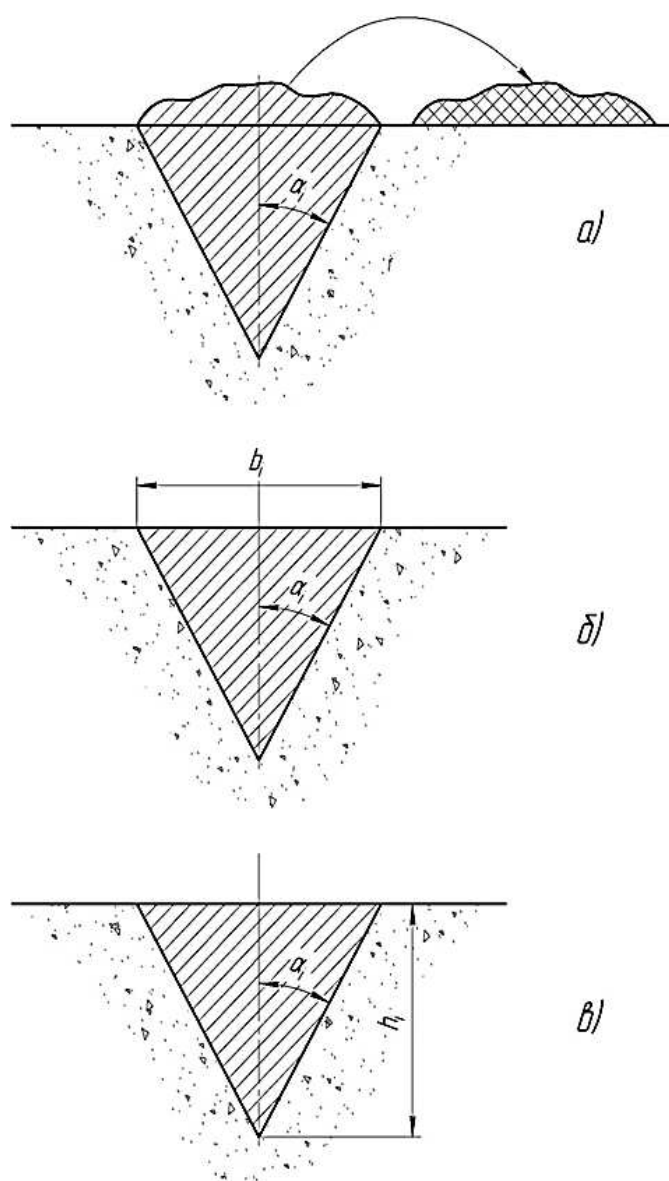
Ранее говорили, что при проходе плоского диска в почве (рисунок 3.7) образуется борозда, разрыхленной почвы, поперечное сечение борозды имеет вид равнобедренного треугольника.

Величина угла скалывания почвы определяется в такой последовательности (рисунок 3.7): верхний слой почвы на участке борозды длиной 0,02...0,30 м смещают в сторону (рисунок 3.7а), определяют ширину

борозды (рисунок 3.7б), в середину борозды погружают стальную линейку до контакта с дном борозды (рисунок 3.7в), затем по формуле:

$$\alpha_i = \arctg \frac{b_i}{2h_i} \quad (3.4)$$

С целью более точного нахождения среднего значения угла скалывания почвы выполняют не менее 50 замеров, определяют параметр распределения, устанавливают функцию распределения (см. рисунок 3.8 и приложение Б).



а – сдвиг части вспушенной почвы в сторону; б – определение ширины борозды; в – определение глубины борозды

Рисунок 3.7 - Схема определения угла скалывания почвы плоским диском

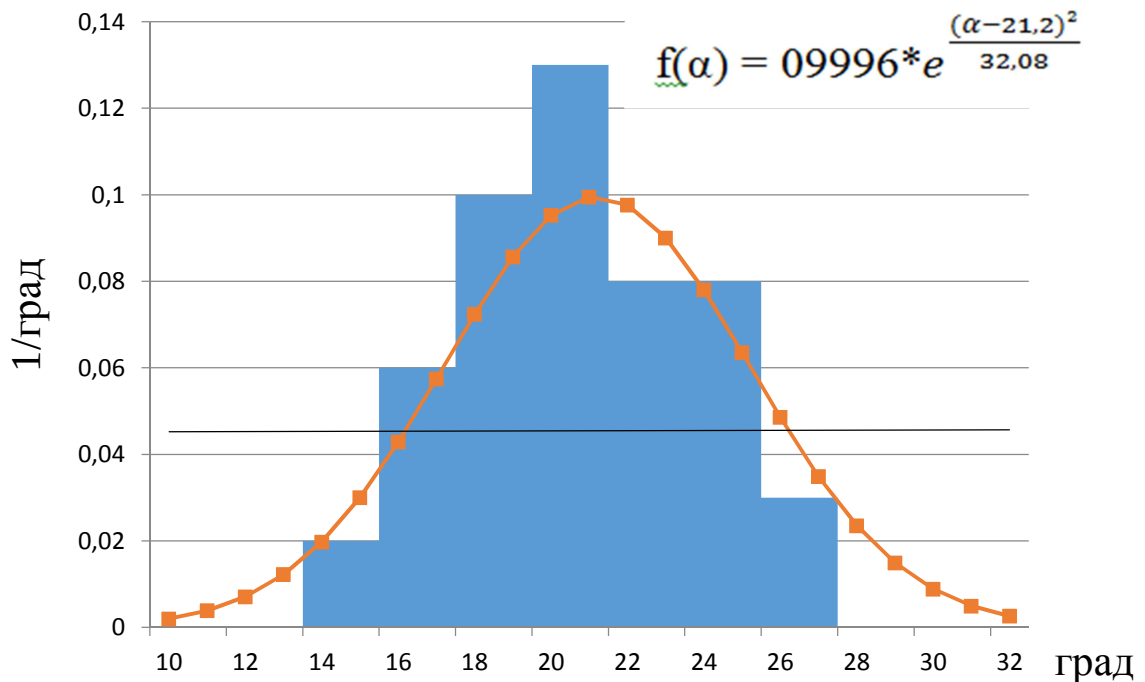


Рисунок 3.8 - Гистограмма и функция распределения угла скалывания почвы при скорости агрегата - 3,33 м/с (среднее значение градуса угла скалывания $\bar{\alpha} = 21,2$; среднеквадратическое отклонение $\sigma^2 = 16,04$).

3.4. Определение равномерности глубины формирования борозд посевными дисками

Перед проведением исследований по оценке степени равномерности глубины формирования борозд посевными дисками цилиндр гидронавески трактора посредством флажка на штоке переводили в состояние «заперто», причем это осуществлялось в положении посевной секции, когда стрелчатая лапа находилась на определенной глубине. В нашем случае глубину подрезания почвы, а, следовательно, и глубину формирования посевного ложа приняли равной 0,07 м. Конструкцией посевной секции предусмотрено расположение нижних кромок посевных дисков на уровне плоскорежущей стрелчатой лапы.

Осуществляли три смежных прохода трактора с посевной секцией, длина рабочего участка составляла 100 м.

Затем на каждом проходе осуществляли по 17 замеров глубины борозды. Выполняли это следующим образом. Отступая от середины следа катка вправо и влево по 0,06...0,8 м, осуществляли замер глубины борозды путем вертикального погружения стальной линейки с миллиметровой шкалой (см. рисунок 3.9) до упора ее конца в твердый слой почвы и записывали в журнал регистрации показателей полученных данных, которые необходимы для определения интересующих нас значений, а затем заполняли таблицу Б2 (приложение Б).

На основании полученных данных построена гистограмма распределения глубины борозды под семена, сформированная посевными дисками (рисунок 3.10) и определен закон распределения, он подчиняется нормальному со следующими параметрами $\overline{h_c} = 0,0713$ м и $\sigma = 0,0027$ м. Теснота связи экспериментальных данных с выбранной кривой характеризуется показателем $R=0,6631$.

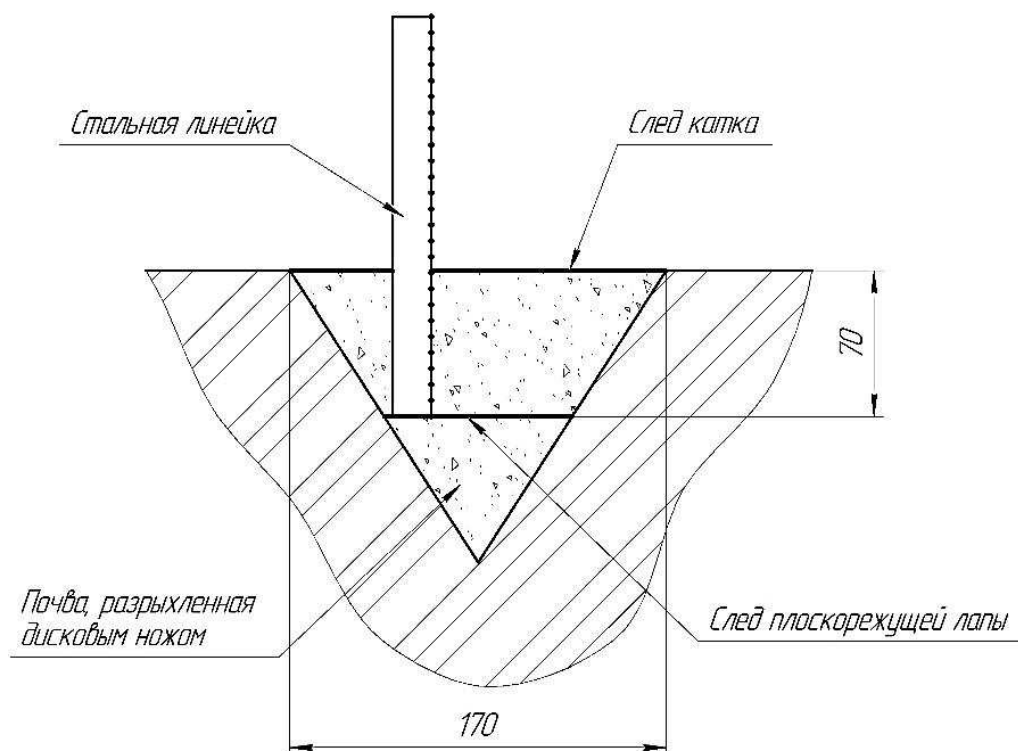


Рисунок 3.9 – Схема определения глубины борозды, выполненной плоским диском

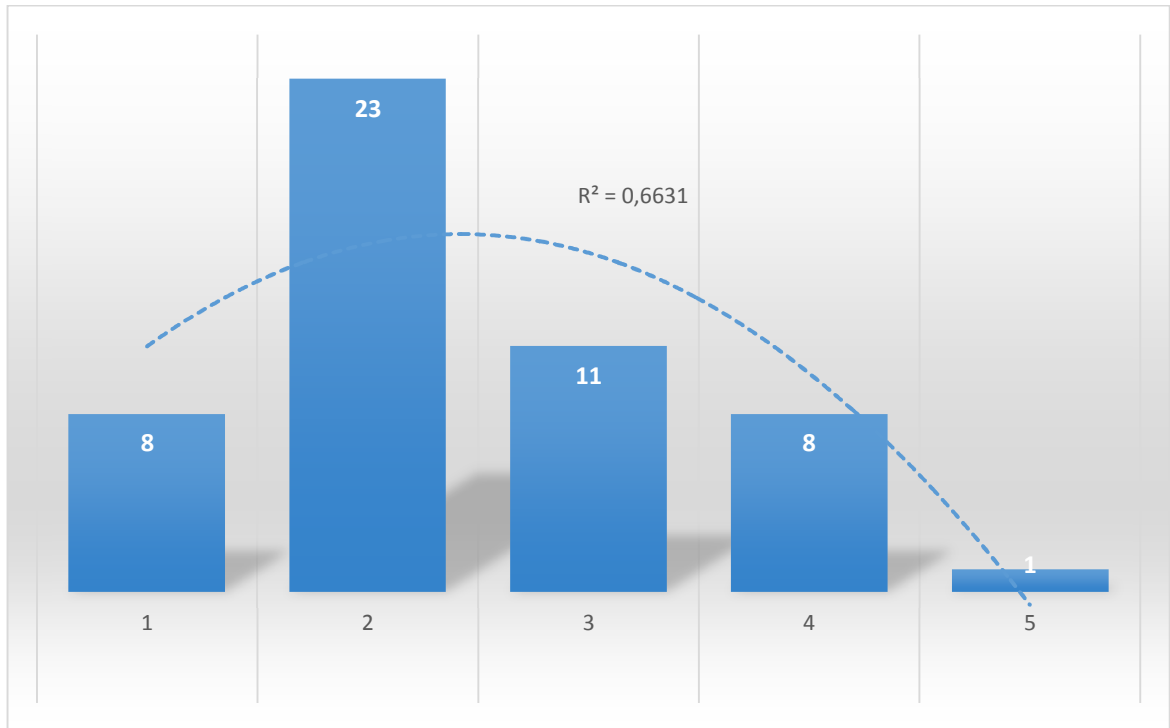


Рисунок 3.10 - Гистограмма распределения глубины борозды под семена, сформированная посевными дисками

Полученные данные указывают на возможность формирования борозды под семена путем применения разрабатываемой дисковой посевной секции.

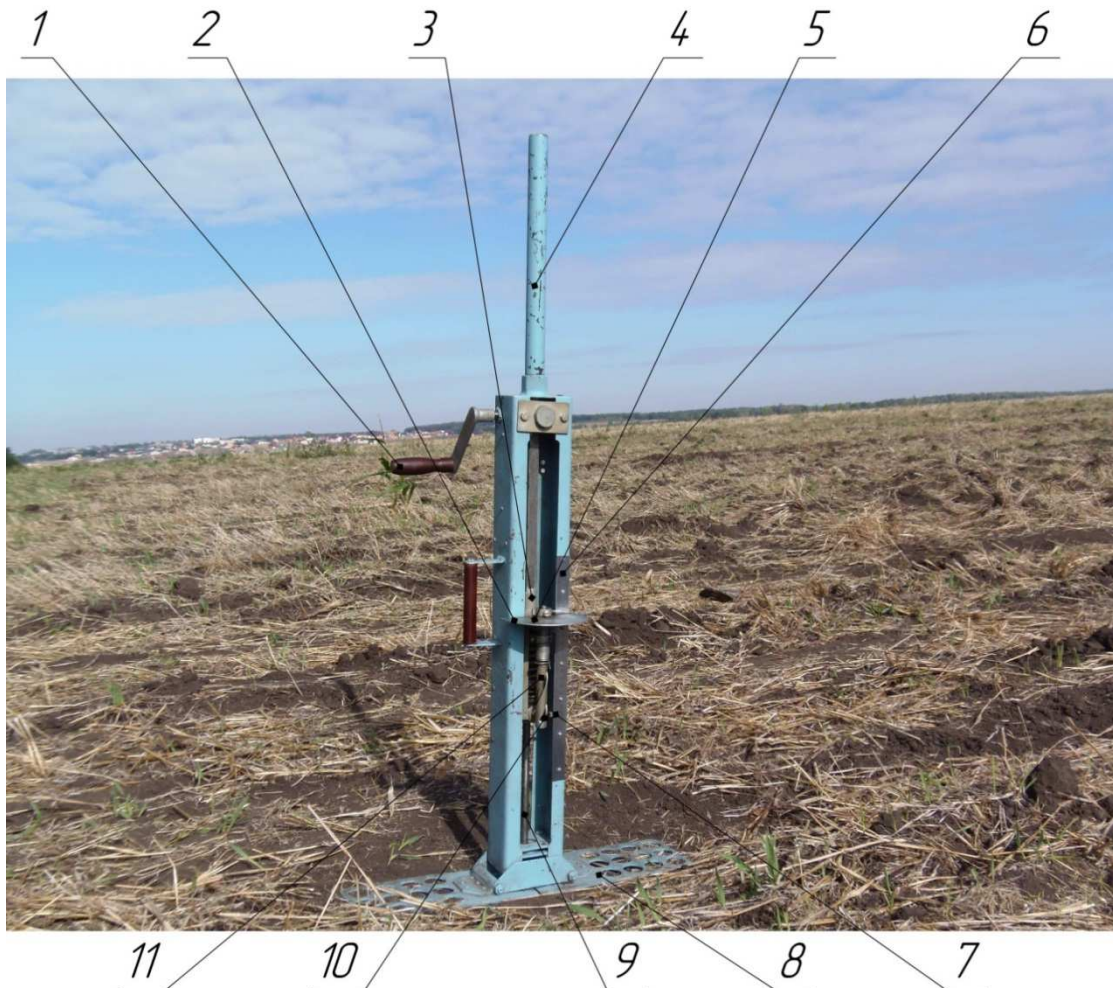
3.5. Определение характеристик почвы

Показатели работы дисковой посевной секции зернотуковой сеялки зависят от фона поля, твердости и влажности почвы. Твердость почвы определяли посредством прибора ИП 232 РЭ (рисунок 3.11) по методике ГОСТ 20915-2011.

Результаты показаний прибора приведены в Приложении Г.

Порядок использования прибора ИП 232 такой: откидные упоры переводят в горизонтальное положение, на опытном поле выбирают характерный участок, устанавливают откидные упоры на почву, оператор обеими ногами становится на упоры, держась одной рукой за головку прибора, другой без рывков вращает приводную рукоятку, вращение

рукоятки посредством редуктора переходит в поступательное движение штанги, на конце которого установлен плунжер, он погружается в почву на заданную глубину. При достижении плунжером установленной глубины, подается звуковой сигнал, вращение рукоятки прекращается, затем снимаются показания максимальной твердости почвы. Вращением рукоятки в обратную сторону возвращает плунжер в исходное положение.



1 – рукоятка; 2 – шкала усилий; 3 – стакан; 4 – чехол; 5 – стрелка; 6 – измерительная линейка; 7 – указатель глубины; 8 – откидные упоры; 9 – штанга; 10 – шпилька; 11 – валик винтовой

Рисунок 3.11 – Прибор для измерения твердости почвы ИП 232

Среднее значение твердости почвы составило $43,1 \text{ Н/см}^2$.

Влажность почвы определяли согласно методики ГОСТ 20915-2011 [97] на глубине до 15 см, ее среднее значение составило 18 %.

Характеристика фона: поле, подготовленное под посев; поперечный уклон 2° ; тип почвы - чернозем.

3.6. Выводы

1. Разработанная, изготовленная и запатентованная установка позволила в полевых условиях получить экспериментальные данные, позволившие найти зависимость силы сопротивления погружению плоского диска в почву; установлено, что в диапазоне глубины погружения, равному половине радиуса диска сила сопротивления подчиняется линейной зависимости: при диаметре плоского диска 50 см, твердости почвы $43,1 \text{ Н/см}^3$, глубине погружения 7 см, скорости движения 3,3 м/с сила сопротивления внедрению составила 485Н.

2. При движении плоского диска толщиной 0,5 см и диаметром 50 см по стерневому фону образуется борозда в виде равнобедренного треугольника с вершиной обращенной вниз, причем средняя величина угла скалывания почвы (половина угла при вершине) равна $21,2^\circ$ со среднеквадратическим отклонением 4° .

3. Установлено, что посевные диски диаметром 0,5 м, расположенные под углом $6-10^\circ$ к направлению движения, обеспечивают формирование борозды с достаточной точностью по установленной глубине, так при назначенной глубине 0,07 м, среднее значение глубины при 51 замере составило 0,0713 м при среднеквадратическом отклонении 0,0027 м.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ

Создание опытного образца посевной секции зернотуковой сеялки шло в последовательности: с учетом размеров конструктивных элементов аналогов (дисков, семяпроводов) был изготовлен опытный образец, прошедший проверку работоспособности в реальных условиях (фон поля – стерня зерновых), отмечены недостатки: забивание почвой и растительными остатками пространства между посевными дисками и выходные отверстия туко- и семяпроводов, недостаточно уплотняется почва на семенами и др., данные недостатки устранялись и вновь проводилась проверка работоспособности, определялись «слабые места» и так до тех пор, пока были определены параметры, обеспечивающие реализацию процесса сева двух рядков семян и одного ряда рядка удобрений между семенами и ниже их уровня размещения в почве, были установлены основные оптимальные конструктивные параметры (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Основные конструктивные параметры макетного образца дисковой посевной секции

Параметр посевной секции	Значение параметра, м
Диаметр:	
центрального диска	0,50
посевных дисков	0,40
катка	0,57
Расстояния от шарнира поворота секции до:	
центрального диска	0,37
левого посевного диска	0,87
правого посевного диска	1,27
катка	1,86

Проверка работоспособности дисковой посевной секции в полевых условиях на различных фонах (рисунок 4.1) показала, что при движении она наклоняется вправо и совершает в горизонтальной плоскости синусоидальную траекторию, это объясняется асимметричностью конструкции и необоснованностью некоторых ряда параметров, таких как: расстояние центрального и посевных дисков до оси симметрии Г-образной стойки, углов атаки посевных дисков, силы прижатия катка к почве. Все это обусловило определение сил, действующих на диски и каток.



Рисунок 4.1 – След от прохода дисковой посевной секции, указывающий на криволинейность движения её в горизонтальной плоскости.

Анализ рисунка 4.1 показывает на необходимость изыскания рациональных способов стабилизации дисковой посевной секции в горизонтальной плоскости.

4.1. Влияние конструктивных и технологических параметров на силы, действующие на диски

4.1.1. Сопротивление движению центрального диска в почве

Диск, как конструктивный элемент посевной секции, имеет простейшую форму и, казалось бы, аналитическим путем возможно установить силы, действующие на него при погружении и движении в почве на различных скоростях, но в действительности все это не так.

Силы сопротивления диску со стороны почвы зависят от ее твердости, влажности, глубины погружения, коэффициента трения по стали, удельного сопротивления почвы сдвигу, а также от радиуса, толщины диска, угла заточки режущей кромки и др.

Выше сказанное указывает на необходимость экспериментального определения силы сопротивления погружению основного центрального диска секции в почву.

В соответствии с методикой, изложенной в третьем разделе, установлена зависимость вертикальной составляющей сопротивления движению диска в почве, имеющей линейный характер при относительно высоком значении коэффициента связи равном 0,694.

$$R_{цдз} = 0,1702h - 0,0413$$

Изменение сопротивления центрального диска по оси Ох обуславливается определяется формулой (1.14), а графическое изображение представлено на рисунке 4.2 и в приложении А (таблица А3).

Рисунок 4.2 показывает, что сопротивление внедрению плоского диска в почву оказывает влияние на силу тяги намного больше, чем глубина его погружения. Действительно, при изменении силы сопротивления погружению от 250 Н до 1500 Н тяговое сопротивление возрастает на 818

Н, а если изменить глубину рыхления с 0,08 м по до 0,15 м, то тяговое сопротивление увеличивается лишь на 55 Н.

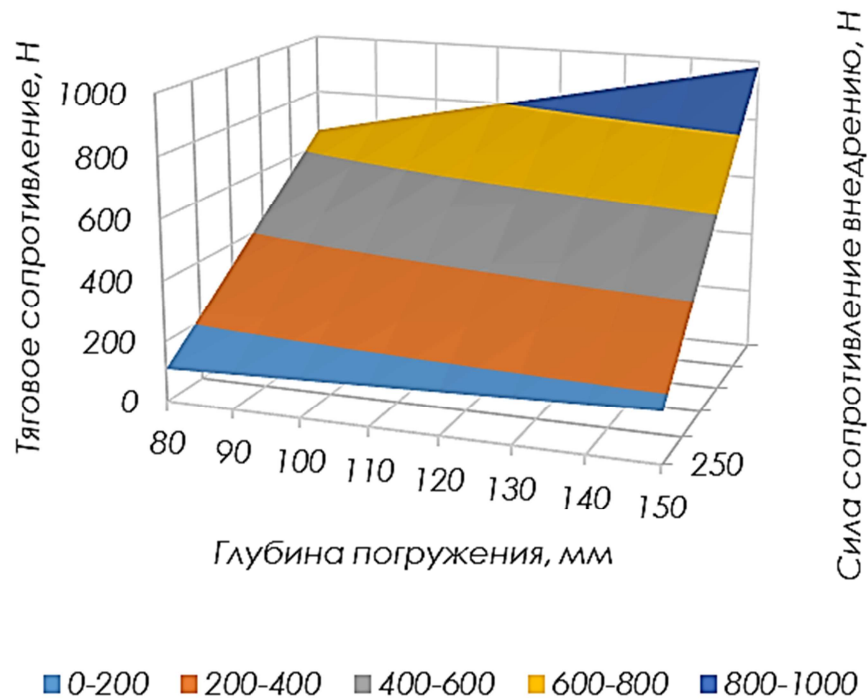


Рисунок 4.2 – Влияние глубины погружения и сопротивления внедрению диска в почву на его тяговое сопротивление

Это происходит из-за разной длины проекций дуги окружности диска, находящейся в почве, на соответствующие оси. Тяговое сопротивление диска зависит от величины проекции дуги на вертикальную ось Oz , а сила сопротивления погружения – проекция на ось Ox , как видно из рисунка 2.9 она значительно больше проекции на ось Oz .

4.1.2. Сопротивление движению левому посевному диску

Левый диск посевной секции располагается ближе к оси вращения, чем правый, оба они установлены под острым углом к направлению движения. С тем, чтобы решать вопросы стабилизации хода посевной секции в горизонтальной и вертикальной плоскостях, необходимо условиться – какой из посевных дисков будет иметь постоянный угол атаки. Поскольку правый посевной диск располагается на большем расстоянии, чем левый, тогда и

момент действующих на него сил будет большим, следовательно, малое изменение угла атаки правого посевного диска будет оказывать большее влияние на стабилизацию движения посевной секции. Поэтому угол атаки левого посевного диска примем постоянным, обосновав его величину (2.19) (рисунок 4.3) при значениях: ширина семяпровода в нижней части $K_n = 0,05$ м, глубина посева $h_c = 0,07$ м и радиус посевного диска $r_n = 0,2$ м. Он равен (приложение А таблица А.4) $\gamma = 5,7$.

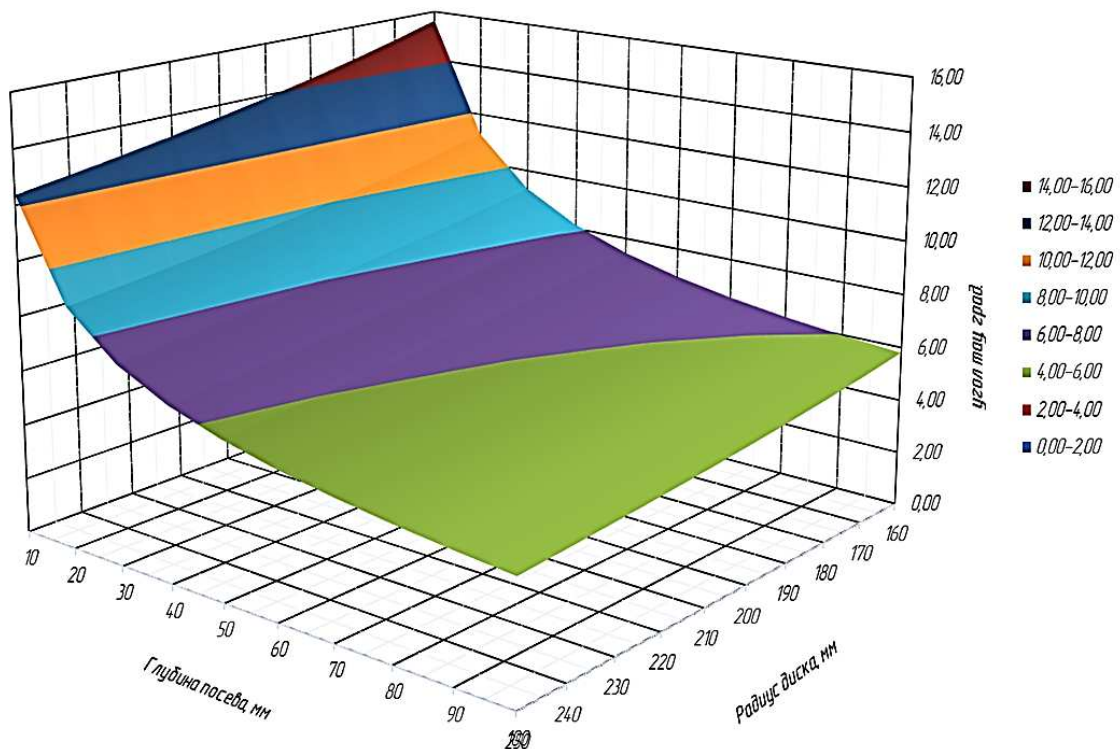


Рисунок 4.3 - Изменение угла атаки левого посевного диска от глубины посева и радиуса диска (при ширине борозды в верхней части 0,05 м)

Значения сил, действующих на левый посевной диск по осям Ox , Oy , Oz определяются зависимостями (2.21), (2.22), (2.24). Графическое изображение изменения сил по осям Ox , Oy , Oz изображено на рисунках 4.4, 4.5 и 4.6, а также в приложении А таблицах А.5, А.6, А.7. При удельном сопротивлении почвы сдвигу равном 35 кН/м^2 , глубине посева $h_c = 0,07$ м и радиусе посевного диска $r_n = 0,2$ м они соответственно равны $R_{плx} = 85 \text{ Н}$, $R_{плу} = 510 \text{ Н}$, $R_{плz} = 116 \text{ Н}$.

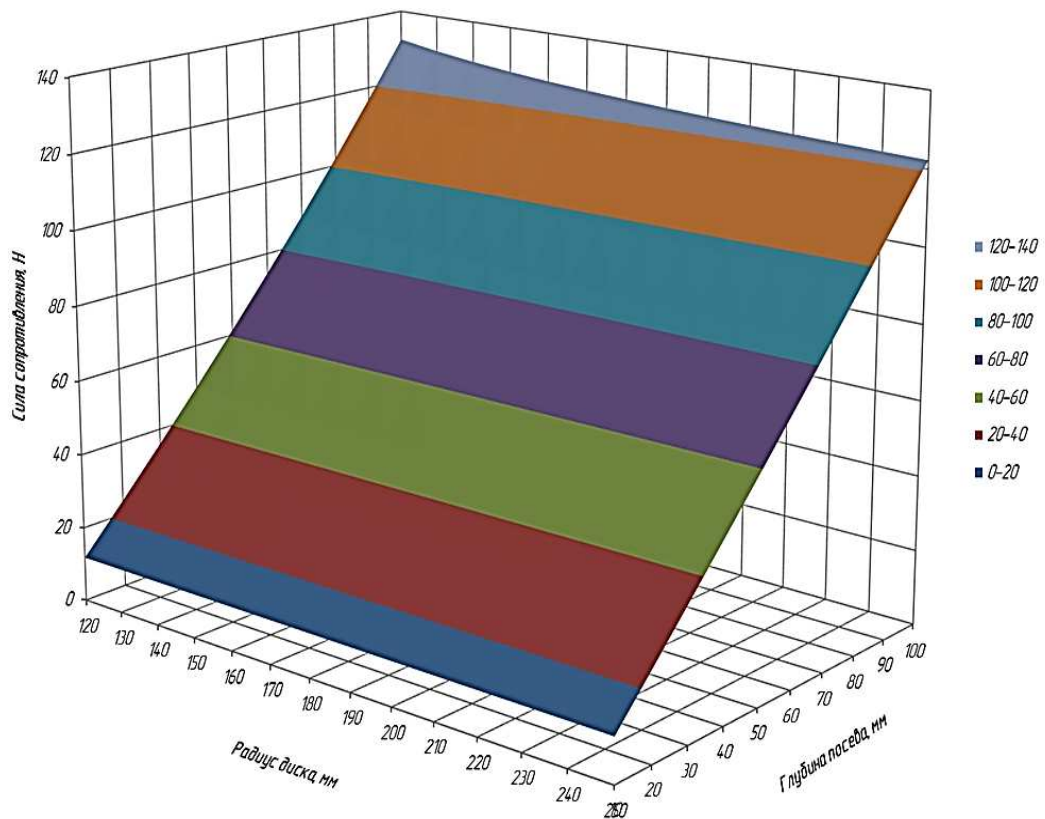


Рисунок 4.4 – Влияние радиуса левого посевного диска и глубины погружения в почву (глубины посева) на его тяговое сопротивление по оси Ох, Н

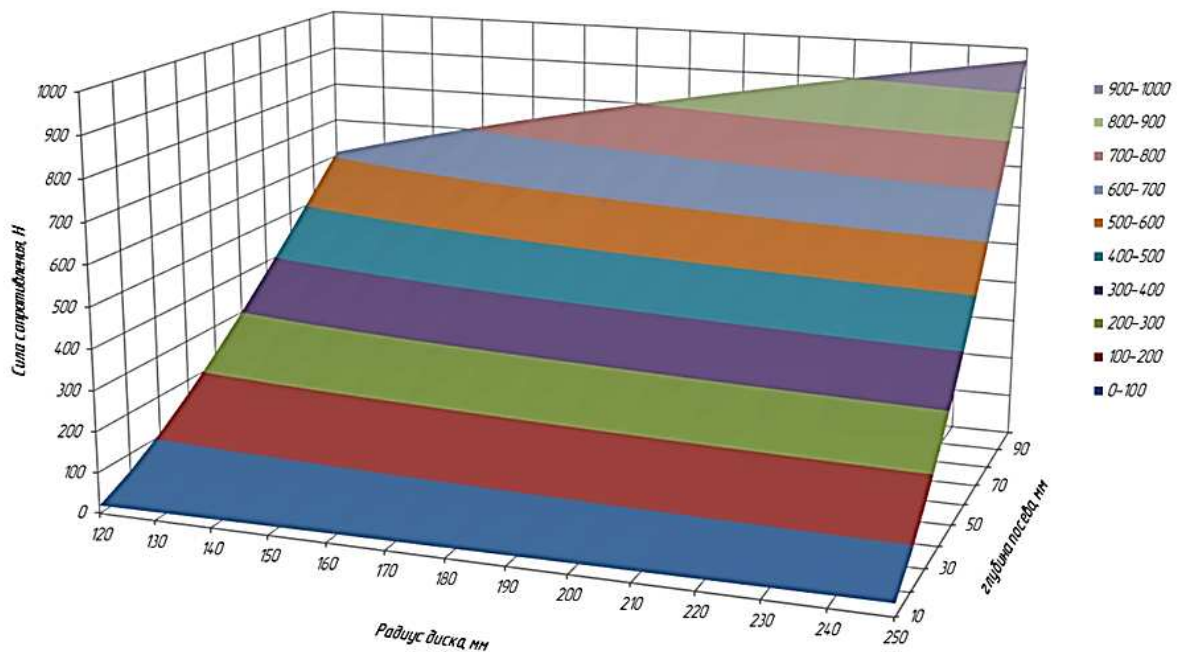


Рисунок 4.5 – Влияние радиуса левого посевного диска и глубины погружения (глубины посева) на силу сопротивления по оси Oy, Н

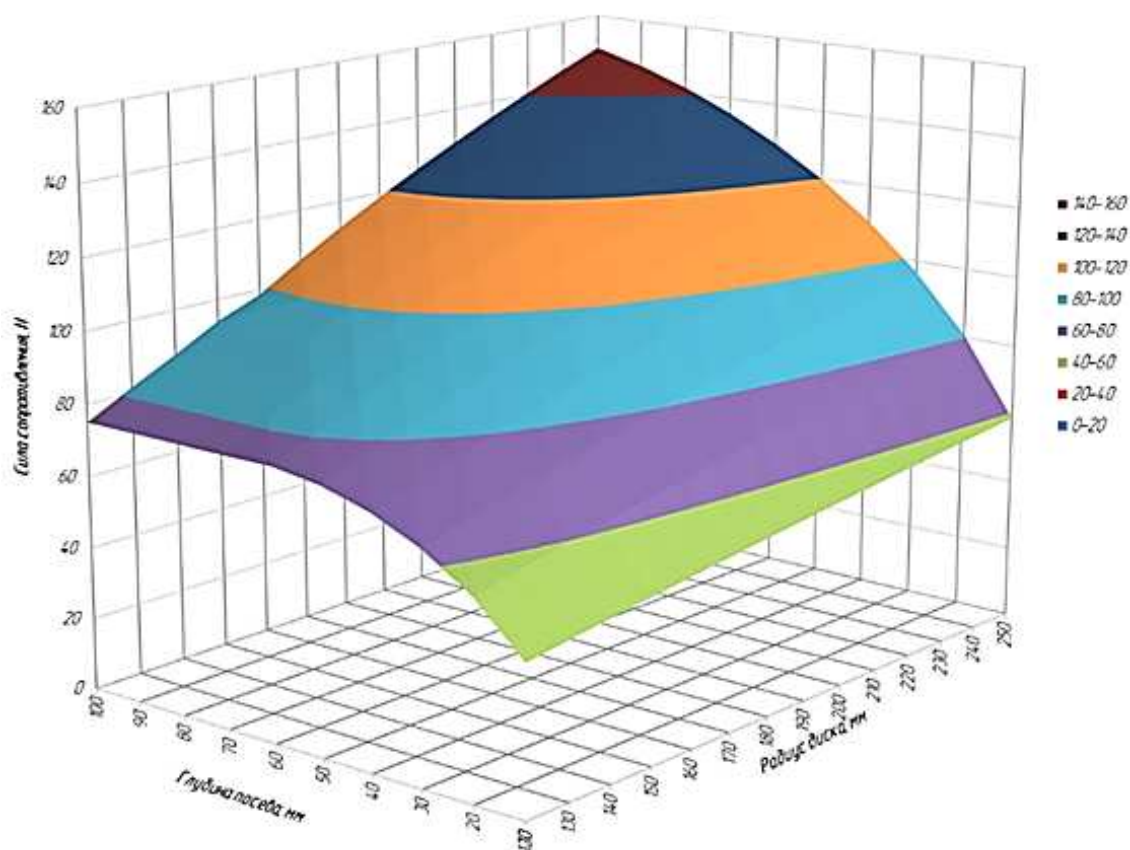


Рисунок 4.6 – Влияние радиуса левого посевного диска и глубины погружения в почву (глубины посева) на сопротивление по оси Oz, Н

Как видно, наибольшее значение содержит составляющая равнодействующей силы направленная по оси Oy, действующая в поперечном направлении движению секции, это есть результат значительного размера проекции площади соприкосновения контакта посевного диска с почвой на плоскость xOz.

4.1.3. Анализ работы правого посевного диска

Левый и правый посевные диски выполняют одни и те же функции, по этой причине расчет сил по осям Ox, Oy, Oz, действующих на невинный правый диск, будет проводиться по формулам, аналогичным выше приведенным, с той только лишь разницей, что введена переменная угол атаки τ_n (2.25), (2.26), (2.27).

Изменение их в функции глубины сева h_c и угла атаки τ_n показаны на рисунках 4.7, 4.8, 4.9 и в приложении А таблицах А.8, А.9, А.10.

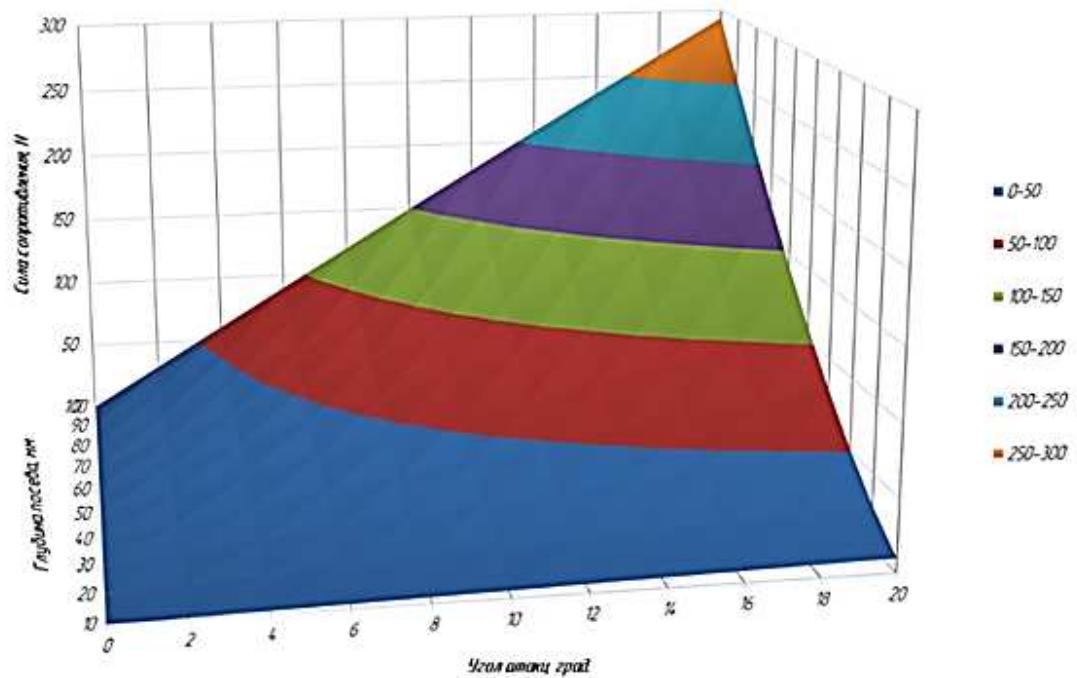


Рисунок 4.7 – Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Ох, Н

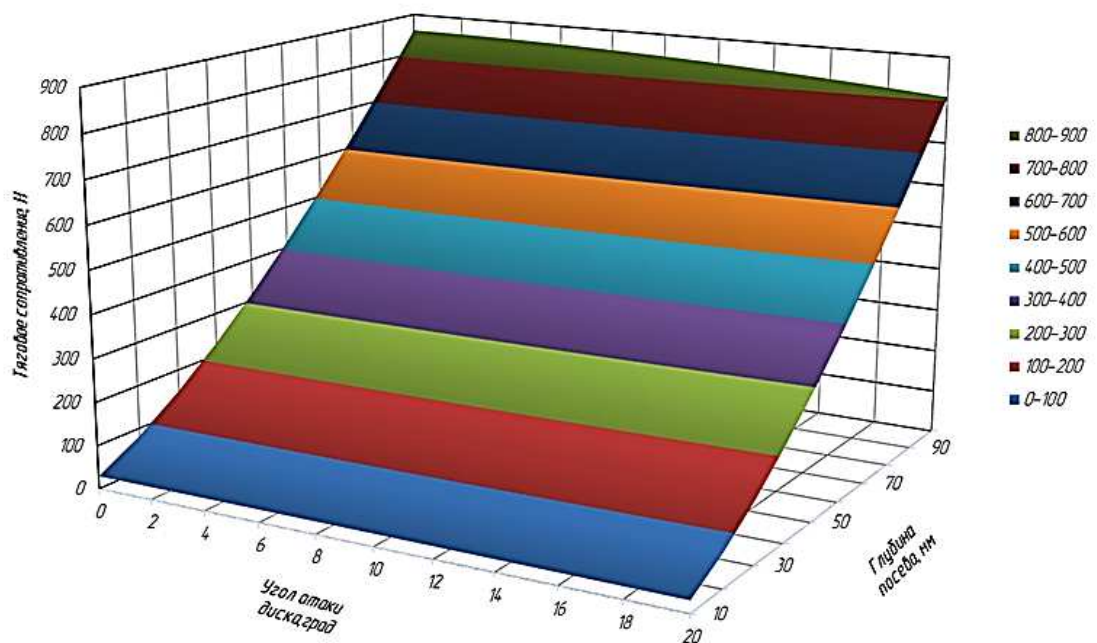


Рисунок 4.8 – Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Оу, Н

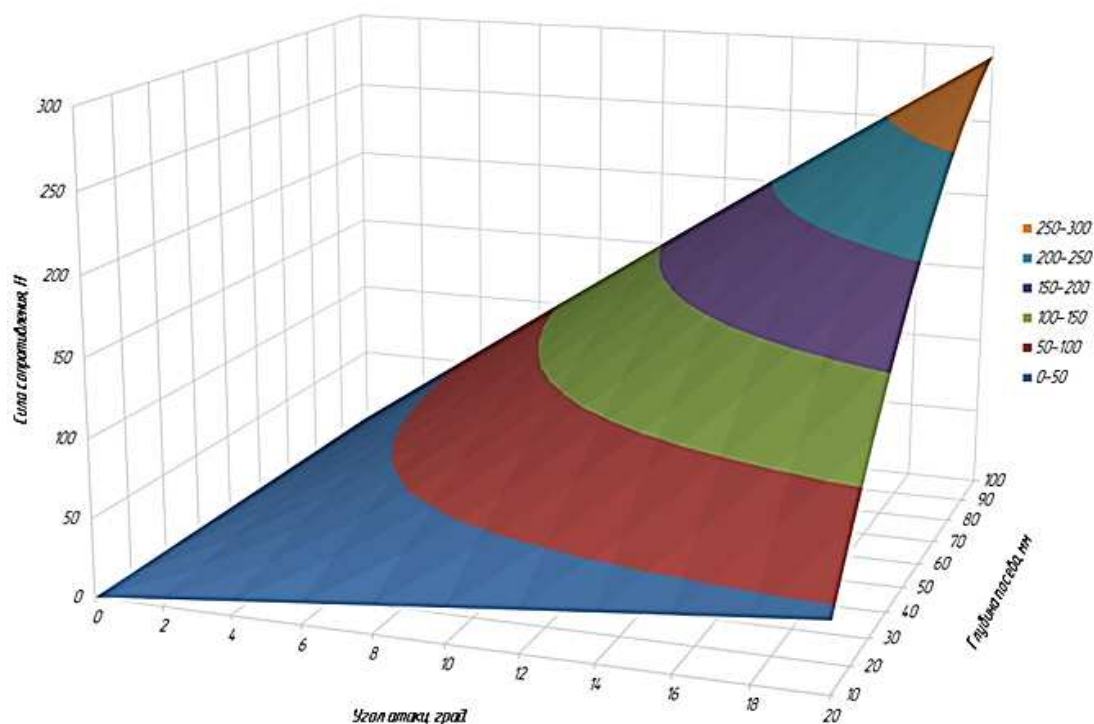


Рисунок 4.9 – Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Oz, Н

Выполненные расчеты показали, что при удельном сопротивлении почвы 35 кН/м^2 , радиусе посевного диска 0,20 м тяговое сопротивление от глубины посева и угла атаки по оси Ox изменяется незначительно, так при изменении глубины посева от 0,01 м до 0,10 м и угла атаки начиная от 0 до 20° сопротивление изменилось от 0 до 284 Н, но по оси Oy – от 30 до 808 Н.

Причем с увеличением угла атаки правого посевного диска сила сопротивления по оси Oy снижается, так при глубине посева 70 мм изменение угла атаки с 6 до 20° она уменьшилась с 514 до 485 Н, но по оси Ox она выросла с 54 до 90 Н, это объясняется тем, что при повороте посевного диска изменяется площадь проекции части диска, находящейся в почве, на плоскости соответственно xOz и yOz . Установленная закономерность изменения составляющих равнодействующей указывает на ограниченную возможность влиять на устойчивость движения хода дисковой посевной секции в горизонтальной плоскости посредством путем изменения угла атаки посевных дисков.

4.2. Определение основных параметров дисковой посевной секции, обеспечивающих устойчивость ее хода

Основными конструктивными параметрами, обеспечивающими устойчивость хода дисковой посевной секции в плоскостях xOy и yOz , являются угол атаки правого посевного диска τ_n и расстояние его до оси симметрии Г-образной стойки Y рядом при постоянном значении ширины междурядья B .

Выразить через одно неизвестное зависимости системы уравнений (2.29) моментов сил не представляется возможным, поэтому необходимо решение методом последовательного приближения, задаваясь числовыми значениями τ_n и Y . Изменяя эти параметры, находим величину суммы моментов сил в плоскости xOy и yOz . Равенство нулю суммы моментов укажет на значения искомых параметров.

При выводе решении системы уравнений (2.29) рассмотрим два варианта:

1) тяга катка соединена с концом Г-образной стойки шарниром, имеющим степень свободы как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости;

2) тяга катка имеет одну степень свободы в плоскости xOz .

Состояние катка в плоскости yOz характеризуется вторым уравнением системы (2.29), а в горизонтальной – первым.

Показателем устойчивости движения посевной секции принимаем абсолютное значение моментов сил в обеих плоскостях.

В плоскости xOy возможен устойчивый ход посевной секции, при условии равенства моментов сил, действующих слева и справа от оси симметрии Г-образной стойки, но силы R_{mx} и R_{my} от угла атаки посевных дисков изменяются незначительно, так при глубине посева 0,07 м изменение угла атаки от 2 до 20° привело к увеличению силы R_{mx} с 18 до 178 Н (см.

приложение А таблица А8), а силу R_{ny} к снижению с 517 до 486 Н (см. приложение А таблица А9).

Это указывает на то, что обеспечить стабилизацию хода посевной секции в горизонтальной плоскости xOy не прибегая к роли катка, жестко соединенного с секцией в этой же плоскости не изменяя расстояния от конца точки крепления правого посевного диска до оси поворота секции не представляется возможным, т.к. глубина посева и расстояние правого посевного диска до оси симметрии Г-образной стойки могут изменяться в ограниченном диапазоне (см. рисунок 4.1 и приложение А таблица А.11). Поэтому углы атаки обоих дисков берем равными $5,7^\circ$, а уравнивание моментов сил, действующих в горизонтальной плоскости на посевную секцию, будем осуществлять за счет соответствующего прижатия катка к почве, путем изменения расстояния от оси правого диска до оси поворота секции, что нежелательно из конструктивных соображений.

Рисунок 4.10 подтверждает высказанное предположение, что равенство нулю суммы моментов сил в горизонтальной плоскости без учета влияния катка достичь нельзя.

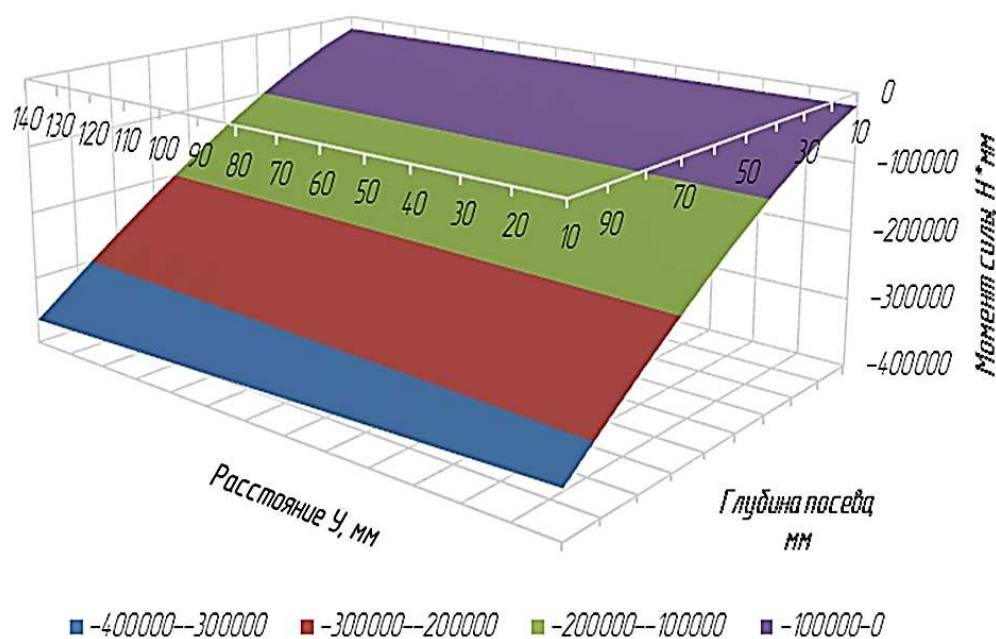


Рисунок 4.10 – Влияние глубины посева и длины оси правого посевного диска на сумму моментов сил в горизонтальной плоскости при наличии двух степеней свободы катка

Определим условия, когда будет обеспечена стабилизация хода посевной секции при исключении степени свободы катка в горизонтальной плоскости.

Из уравнения (2.9) находим значение силы F_k , необходимой для стабилизации хода посевной секции в плоскости xOy .

$$F_k = \frac{R_{цдх} * L_{ц} + R_{плх} * y + R_{ппу} * L_{пп} - R_{ппх} (B - y) - R_{плу} * L_{пл}}{L_k} \quad (4.1)$$

Но с другой стороны сила сцепления катка с почвой определяется зависимостью (3.1).

Откуда силу прижатия катка P_k можно представить как:

$$P_k = \frac{F_k}{\mu} = \frac{R_{цдх} * L_{ц} + R_{плх} * y + R_{ппу} * L_{пп} - R_{ппх} (B - y) - R_{плу} * L_{пл}}{L_k * \mu} \quad (4.2)$$

Зная необходимое удельное давление на почву ρ при засеве посева и площадь пятна контакта катка S_k , легко установить необходимую силу прижатия катка P_k . Она равна:

$$P_k = S_k * \rho, \quad (4.3)$$

Пятно контакта катка на почве в первом приближении допускается установить, как произведение его ширины b_k и длины хорды $l_{хк}$, образованной в результате деформации шины (длины пятна контакта).

Ширина катка b_k в нашем случае, когда дисковая посевная секция одновременно высевает два рядка семян, должна быть не менее ширины междурядья, принимаем $b_k = 0,17$ м.

При известном (принятом) радиусе пневматического катка $r_k = 0,20$ м, величине уплотнения почвы $h = 0,02$ м длина хорды (длина пятна контакта) равна $0,21$ м.

Площадь пятна контакта шины с почвой рассчитаем по методике [98]. Площадь пятна контакта для нашего случая равна – $0,0331$ м².

Таким образом, зная допустимое удельное давление на почву при её уплотнении в момент посева $p = 4 \text{ Н/см}^2$ [99], абсолютную величину уплотнения (или усадки шины) $h_k = 0,02 \text{ м}$ [100], ширину междурядья $B = 0,15 \text{ м}$, возможно определить рациональное давление пневматического катка дисковой посевной секции на почву, необходимое для обеспечения достаточного уплотнения почвы над семенами. Оно равно 1324 Н.

Расчеты, выполненные по зависимости (2.9) с учетом значения рационального удельного давления катка на почву, представлены на рисунках 4.7 и 4.8.

Анализ полученных результатов расчета (рисунки 4.11 и 4.12) показал, что стабилизация хода посевной секции в горизонтальной плоскости xOy достигается. Причем на устойчивость движения хода дисковой посевной секции в плоскости xOy величина Y оказывает слабое влияние, так при изменении глубины посева от 0,05 до 0,10 м расстояние от правого диска до оси симметрии Г-образной стойки изменяется лишь на 0,01 м.

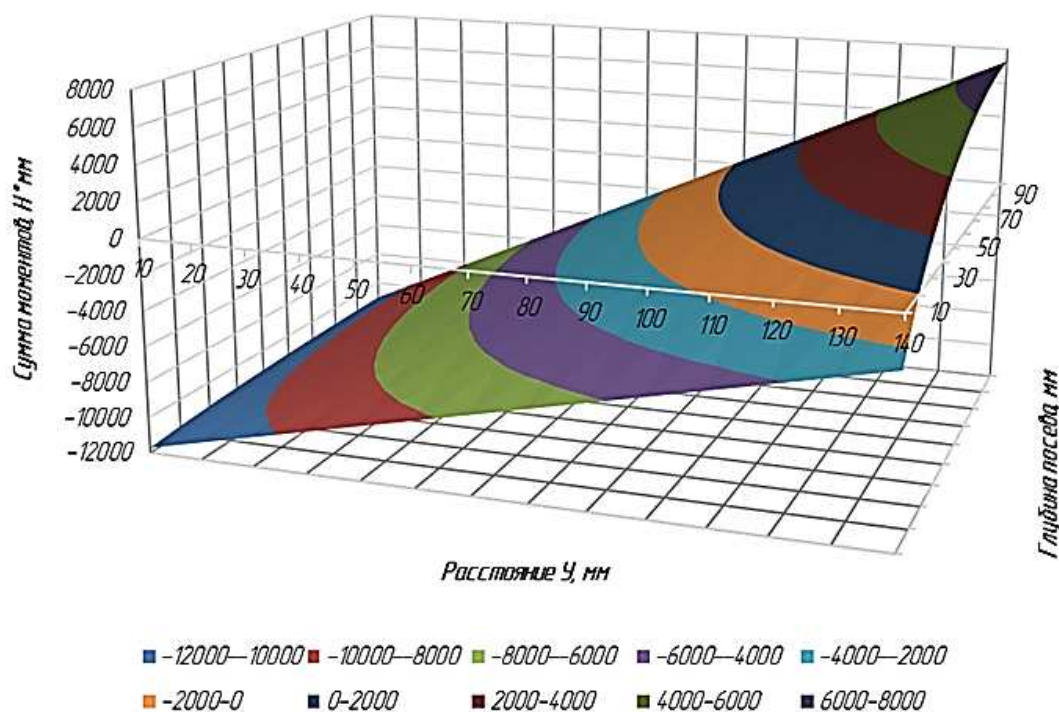
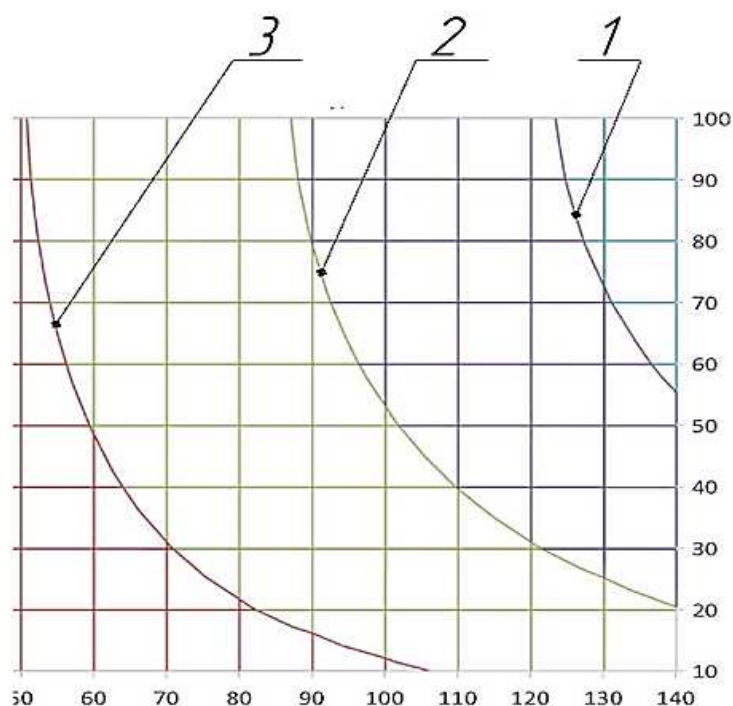


Рисунок 4.11 – Изменение суммы моментов сил, действующих на дисковую посевную секцию в горизонтальной плоскости от глубины посева и расстояния от правого диска до оси симметрии Г-образной стойки при силе прижатия катка $P_k = 1324 \text{ Н}$.



линии суммы моментов сил: 1 – «-5000 Н·мм»; 2 – «0 Н·мм»; 3 – «5000 Н·мм»

Рисунок 4.12 – Проекция суммы моментов сил в горизонтальной плоскости, Н·мм.

Откуда видно, что устойчивое движение посевной секции в горизонтальной плоскости xOy соблюдается. На рисунке 4.10 изображена проекция нулевого значения суммарного момента сил, действующих на дисковую посевную секцию в координатах глубины посева h_c и расстояния Y правого диска от оси симметрии Г-образной стойки.

Кривые 1 и 3 характеризуют движение дисковой посевной секции, когда на нее в горизонтальной плоскости будут действовать возмущающие моменты сил соответственно влево и вправо величиной 5000 Нмм. Но при силе прижатия катка, равной 1324 Н, коэффициенте сцепления резины с почвой $\mu=0,8$ [101] и расстоянии катка от оси поворота 186 мм, стабилизирующий движение посевной секции момент силы будет равен 197000 Нмм, т.е. около 0,2 кНм.

Аналогичные расчеты выполнены и по определению устойчивости хода дисковой посевной секции в вертикальной поперечной плоскости, которая может оказывать влияние на различие в глубине левой и правой

борозды, но, так как ширина междурядья зерновых сравнительно небольшая (0,12...0,18 м), а кронштейн посевной секции устанавливается на вертикальную ось, жестко прикрепленную к раме сеялки, то оснований на образование посевных борозд различной глубины нет. Кроме того, физико-механические свойства почвы и на одном поле могут меняться в широких пределах, поэтому вероятное изменение сил, действующих на конструктивные элементы посевной секции в вертикальной плоскости, должны нейтрализоваться прочностными характеристиками самой секции.

Вероятное «синусоидальное» движение посевной секции в горизонтальной плоскости за счет широкого спектра диапазона характеристик почвы (комковатость, твердость, влажность, наличие растительных остатков на поверхности) целесообразно исключить посредством увеличения момента силы сцепления катка с почвой, посредством увеличения силы прижатия катка к почве при одновременном возрастании пятна контакта катка, чтобы сохранить удельное давление на почву или изыскивать решения по увеличению коэффициента сцепления катка с почвой.

4.3. Оценка потенциального объема накопления воды в бороздах

Одной из особенностей работы дисковой посевной секции является рыхление почвы центральным диском. В поперечном сечении образованная борозда, куда укладываются и удобрения и два рядка семян, представляет собой равнобедренный треугольник. Если сев осуществляется поперек склона, то образованные борозды будут выполнять роль накопителей воды при паводках и ливнях. Потенциальный объем с накопления воды в зависимости от угла скалывания почвы и угла склона поля на площади в один гектар определяется выражениями (2.3) и (2.7), в результате подстановки получаем:

$$V_{ca} = \frac{10000}{B} \left(h_{y_0}^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 4h_{y_0}^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \frac{\sin \beta \cdot \sin(90 - \alpha)}{\sin(90 + \alpha - \beta)} \right). \quad (4.4)$$

Характер изменения потенциального объема накопления воды от угла скалывания почвы и угла склона поля показан на рисунке 4.13 и в приложении А таблице А.13.

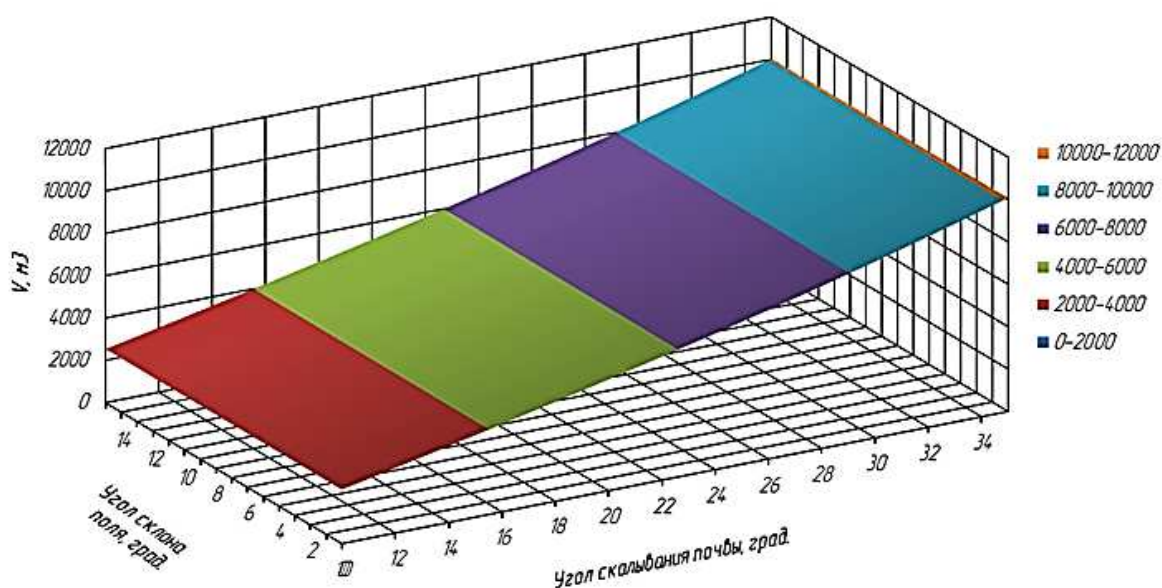


Рисунок 4.13 – Влияние углов склона и скалывания почвы на изменение потенциального объема воды в бороздах

Исследованиями установлено, что среднее значение угла скалывания почвы равно $21,2^\circ$, а среднее значение угла откоса полей [12] для Центрально-Черноземной зоны – $2,01^\circ$. Тогда при глубине погружения диска $h_{y_0} = 0,12 \text{ м}$, потенциальный объем накопления влаги на одном гектаре составит 5235 м^3 .

4.4. Выводы

1. С использованием разработанных аналитических моделей взаимодействия центрального и посевных дисков с почвой, а также экспериментальных исследований, установлено, что расстояние от оси поворота секции до места установки центрального диска радиусом $0,25 \text{ м}$

должно быть равным 0,37 м, посевных дисков радиусом 0,2 м соответственно левого — 0,87 м, правого — 1,27 м, их углы атаки — $5,7^\circ$, расстояние от оси поворота до оси катка радиусом 0,23 м я составляет 1,86 м, сила прижатия катка к почве 428 Н.

2. Расчетами установлено: ширина борозды для семян в верхней ее части 0,05 м обеспечивается посевными дисками радиусом 0,2 м, при угле атаки $5,7^\circ$, а изменение угла атаки α посевных дисков в пределах от $5,7^\circ$ по до 20° при глубине хода посевного диска 0,07 м приводит к снижению сопротивления в поперечном направлении лишь на 29 Н. При таком характере изменения поперечной силы исключается возможность стабилизации хода посевной секции в горизонтальной плоскости путем изменения углов атаки посевных дисков без учета стабилизирующей роли катка.

3. Расчеты показывают, что в диапазоне изменения глубины посева от 0,03 до 0,1 м и расстоянии правого посевного диска до оси симметрии Г – образной стойки от 0,03 до 0,13 м сила прижатия катка, обеспечивающая стабилизацию хода посевной секции в горизонтальной плоскости изменяется от 70 до 428 Н. При глубине посева 0,07 м и расстоянии правого посевного диска от оси симметрии стойки 0,07 м сила прижатия катка должна составлять 262 Н.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ДИСКОВОЙ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ

Разработанная, изготовленная в соответствии с патентом РФ [80, 81] и учетом обоснованных конструктивно-технологических параметров, дисковая посевная секция зернотуковой сеялки испытана в реальных условиях на опытных полях Белгородского ГАУ. Проведенные испытания и визуальные наблюдения показали обнадеживающие результаты по прямолинейности движения в горизонтальной плоскости, не наблюдается перекося секции в вертикальной поперечной плоскости, что говорит о равномерности глубины заделки семян левым и правым посевными дисками, след от катка гладкий, крупных комьев почвы рядом со следом катка не обнаружено. Применение разработанной секции в посевных машинах, по нашему мнению, позволит повысить эффективность производства зерновых культур за счет совмещения четырех операций за один проход, что обеспечивает сокращение потребности в топливе, людских ресурсах, техники, сокращение применения минеральных удобрений в связи с локальным их внесением, повысить урожайность, т.к. основная доза удобрений располагается вблизи корневой системы двух рядков растений, обеспечивая их питание в течении всего периода вегетации, снизить удельную металлоемкость посевной машины, поскольку рядок удобрений питает два рядка семян, т.е. туковых сошников может быть в два раза меньше [102].

Определение экономической эффективности применения зернотуковой сеялки с разработанной дисковой посевной секцией проведено путем сравнения базового варианта, в качестве которого выбрана зернотуковая сеялка Rapid RD-400 [103] с дисковыми сошниками и обеспечивающая внесение основного удобрения в междурядье, с предлагаемым вариантом – отечественная сеялка для прямого посева «Обь – 4 ЗТ», оснащенная дисковыми посевными секциями. Сеялки по базовому и предлагаемому

вариантам имеют механическую подачу семян и удобрений, могут использоваться при подготовленной почве и прямом посеве, рабочие скорости находятся в диапазоне 10...15 км/ч, рабочая ширина составляет 4 м [104].

Для сеялки Rapid RD-400 рекомендована рабочая скорость 13...14 км/ч. При рабочей скорости сева 14 км/ч часовая производительность посевного комплекса в составе трактора Т-150К+2 Rapid RD-400 составляет 7 га/ч.

Следует заметить, что существенным отличием, сравниваемых базового и предлагаемого вариантов является различие в объемах технологических емкостей под семена и минеральные удобрения, а также в средствах механизации их загрузки. У сеялки «Обь – 4 ЗТ» они значительно меньше, поэтому время загрузки технологических емкостей больше из-за большего их количества в течении времени смены, а это значит, что коэффициент использования рабочего времени смены будет меньшим. Поэтому принимаем производительность агрегата Т-150К+2 «Обь – 4 ЗТ» за час сменного времени равным 6,5 га/ч.

Оценочных показателей при сравнении средств механизации выполнения того или иного процесса много: производительность агрегата, удельные затраты труда, удельные капиталовложения, прямые затраты средств, приведенные затраты средств, погектарный расход топлива и др. Наиболее распространенный – приведенные затраты средств, учитывающие капиталовложения и срок их окупаемости, поэтому в основу экономической эффективности предложенного технического решения, обеспечивающего прибавку зерновых культур положим названный показатель и воспользуемся методическими рекомендациями, изложенными в [105].

Годовой экономический эффект от использования агрегата в составе трактора Т-150К с двумя модернизированными сеялками «Обь – 4 ЗТ», оснащенными разработанными посевными секциями рассчитываем по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_Г = Н_Г(ПЗ_Б - ПЗ_Н + \mathcal{E}), \quad (5.1)$$

где $\mathcal{E}_Г$ – годовой экономических эффект, руб./год; $H_Г$ – годовая наработка новой машины, га/год; $ПЗ_Б$, $ПЗ_Н$ – приведенные затраты на единицу наработки соответственно по базовому варианту и по предложенной машине, руб./га; $\mathcal{E}$ – экономический эффект от полученной прибавки урожая пшеницы за счет объема сохраненной воды при паводке и ливнях, внутрипочвенного внесения удобрений вблизи корневой системы вместе с посевом, руб./га.

Приведенные затраты на единицу наработки по известной, т. е. базовой, и разработанной машинами определяются выражением [106]:

$$ПЗ = ПЭЗ + KB \cdot K_{\mathcal{E}}, \quad (5.2)$$

где $ПЗ$ – приведенные затраты, руб./га; $ПЭЗ$ – прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки, руб./га; KB – капитальные вложения на единицу наработки, руб./га; $K_{\mathcal{E}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений [105], $K_{\mathcal{E}} = 0,15$.

Прямые эксплуатационные затраты включают такие элементы:

$$ПЭЗ = ЗП + ГСМ + ТО + ТР + Р + УС, \quad (5.3)$$

где $ЗП$ – заработная плата обслуживающих рабочих, руб.; $ГСМ$ – затраты на горюче-смазочные материалы, руб.; $ТО$ и $ТР$ – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб.; $Р$ – затраты на реновацию, руб./га; $УС$ – удельные затраты на удобрения и семена, руб./га.

Двухсеялочный агрегат в составе Т-150К+2 «Обь – 4 ЗТ» обслуживает один основной и два вспомогательных рабочих, их заработанную плату установим по справочным данным, приведенным в [106]:

$$ЗП = \frac{0 \cdot \gamma_{mi} + B \cdot \gamma_{ni}}{П_{CB}}, \quad (5.4)$$

где O и B – число основных и вспомогательных рабочих, чел.; γ_{mi} и γ_{ni} – сменные тарифные ставки соответственно основных и вспомогательных рабочих, руб./чел-ч; P_{CB} – производительность агрегата за один час сменного времени, га/ч [107].

Денежные затраты на горюче-смазочные материалы находим так:

$$ГМ = P_{\Gamma} \cdot Ц, \quad (5.5)$$

где P_{Γ} – удельный расход горюче-смазочных материалов, кг/га; $Ц$ – цена одного килограмма топлива, руб./га

$$P_{\Gamma} = \frac{\chi_{\Gamma} \cdot Z}{P_{CB}}, \quad (5.6)$$

где χ_{Γ} – часовой расход топлива двигателем, кг/ч, [108] ($\chi_{\Gamma}=31,4$ кг/ч); Z – степень загрузки двигателя.

Значение степени загрузки двигателя на новых работах целесообразно принять равным ($Z=0,85$).

Рассчитаем удельный расход топлива по базовому варианту:

$$P_{\Gamma} = \frac{31,4 \cdot 0,85}{7} = 3,81 \text{ кг/га.}$$

В предлагаемом варианте из-за большего времени на технологическое обслуживание агрегата, производительность взята меньше, и, казалось бы, погектарный расход топлива должен вырасти, но так как на остановке двигатель трактора выключается либо работает с меньшей нагрузкой, тогда погектарный расход топлива в новом варианте также равен 3,81 кг/га.

Принимая розничную стоимость одного литра дизельного топлива 47,19 руб. и учитывая его плотность 0,86 г/см³, затраты на один гектар составят:

$$ГМ = P_{\Gamma} \cdot Ц \cdot \frac{1}{\rho} = 47,19 \cdot 3,81 \cdot \frac{1}{0,86} = 209,1, \text{ руб./га} \quad (5.7)$$

здесь ρ – плотность дизельного топлива, г/см³.

Затраты средств на обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники с учетом нормативных коэффициентов и балансовой стоимости равны:

$$TP = \frac{B(r_m + r_k)}{П_{CB} \cdot T_q}, \quad (5.8)$$

где B – балансовая стоимость машины, руб.; $r_m + r_k$ – коэффициент отчислений соответственно на текущий ремонт, техническое обслуживание и капитальный ремонт, % [106]; T_q – нормативная годовая нагрузка каждой машине в агрегате, ч [107].

Затраты на реновацию каждой машины в агрегате находим по известному выражению:

$$P = \frac{B \cdot a}{П_{CB} \cdot T_q}, \quad (5.9)$$

где a – коэффициент отчислений на реновацию машин, % [107].

Денежные затраты средств на расходные материалы (удобрения и семена) находим по формуле:

$$УС = Н_y \cdot Ц_y + Н_c \cdot Ц_c, \quad (5.10)$$

где N_y – норма внесения удобрений на один гектар, кг/га; N_c – норма высева семян на один гектар, кг/га; $Ц_y$ – цена одного килограмма сложных минеральных удобрений, руб./кг; $Ц_c$ – цена одного килограмма семян (озимая пшеница), руб./кг.

В базовом и предложенном вариантах, посевные машины осуществляют аналогичные функции: рыхлят почву, осуществляют посев зерновых, вносят основную дозу минеральных удобрений ниже уровня посева, уплотняют почву над семенами. Это позволяет при их технико-

экономическом сравнении затраты на минеральные удобрения и семена не учитывать [107].

Удельные капитальные вложения находим по формуле:

$$KB = \frac{Б}{П_{CB} \cdot T_q^H}, \quad (5.11)$$

а зональную годовую наработку новой машины – как произведение:

$$\Gamma_3 = П_{CB}^H \cdot T_q^H, \quad (5.12)$$

где Γ_3 – зональная годовая наработка новой машины, га; $П_{CB}^H$ – производительность переоборудованной сеялки «Обь – 4 ЗТ» за один час сменного времени, га/ч; T_q^H – годовая загрузка сеялки «Обь – 4 ЗТ», ч [103].

Исходные данные технико-экономической оценки и промежуточные расчеты сведены в таблицу (Приложение В). Сравнительные показатели экономической эффективности использования зернотуковой сеялки, оборудованной разработанными посевными секциями, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Сравнительные показатели экономической эффективности использования зернотуковой сеялки, оборудованной разработанными посевными секциями

Наименование показателей	Значение показателей		Величина изменения, руб./га
	Базовый вариант	Новый вариант	
Затраты на оплату труда, руб./га	13,66	14,71	- 1,05
Затраты на реновацию, руб./га	1192,5	636,85	556,65
Затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, руб./га	695,03	385,86	309,17
Затраты на топливо и смазочные материалы, руб./га	114,8	114,8	0

Наименование показателей	Значение показателей		Величина изменения, руб./га
	Базовый вариант	Новый вариант	
Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	2016,00	1137,52	878,48
Удельные капитальные вложения,	9365,08	4905,98	4459,1
Приведенные затраты, руб./га	2751,9	1873,42	878,48

Из таблицы 5.1 следует, что экономический эффект от использования зернотуковой сеялки типа «Обь – 4 ЗТ» равен 878,48 руб./га, а годовой:

$$\mathcal{E}_Г = Н_Г(ПЗ_Б - ПЗ_Н) = 585 \cdot 878,48 = 513,91 \text{ тыс. руб.} \quad (5.13)$$

Экономический эффект от производства и использования за весь срок службы новой машины (восемь лет) в руб. $\mathcal{E}_{СС}$ равен:

$$\mathcal{E}_{СС} = \frac{\mathcal{E}_Г}{a_н} = \frac{513,91}{0,125} = 4,11 \text{ млн. руб.} \quad (5.14)$$

где $a_н$ – коэффициент отчислений на реновацию новой машины, % [105].

По результатам оценки экономической эффективности можно сделать следующие выводы.

1. Агроэкономическая оценка использования модернизированной зернотуковой сеялки «Обь – 4 ЗТ», оснащенной разработанной дисковой посевной секцией в сравнении с аналогом Rapid – 400, показала, что за весь срок службы посевной машины составит 4,11 млн. руб.

2. Потенциальный объем накопления влаги при использовании модернизированной сеялки на склонах составит 5235 м³ на каждом гектаре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа использования средств механизации по комбинированному посеву зерновых культур с одновременным внесением удобрения разработана конструктивно-технологическая схема посевной секции зернотуковой сеялки на базе дисков, обеспечивающая выполнение четырех технологических операций за один проход агрегата: рыхление почвы в зоне посева, внесение основного удобрения ниже уровня размещения семян, посев двух рядков стартовым удобрением, уплотнение почвы над семенами. (Патент РФ №138141).

2. Разработаны аналитические модели:

- формирования борозды под основное удобрение, позволяющая определить ее параметры и объем накопления влаги при работе агрегата поперек склона от угла скалывания почвы и склона;

- взаимодействия дисков с почвой, позволяющая установить конструктивно-технологические параметры посевной секции: углы атаки посевных дисков, расстояние установки их до оси симметрии Г-образной стойки, силу прижатия катка к почве.

3. С целью экспериментального определения составляющих равнодействующих сил центрального и посевных дисков разработана, изготовлена и использована установка (Патент Российская федерация РФ №152066) для определения зависимости силы от глубины погружения. Определено, что в диапазоне глубины погружения плоского диска радиусом 0,25 м от 0,05 до 0,10 м зависимость имеет линейный характер, при твердости почвы $43,1 \text{ Н/см}^2$ и погружении диска на 0,07 м сила сопротивления внедрению составила 485 Н.

4. Установлено, что ширина борозды для семян в верхней ее части 0,05м обеспечивается посевным диском радиусом 0,20м при угле атаки $5,7^\circ$. Изменение угла атаки в пределах от $5,7^\circ$ до 20° при глубине хода посевного диска 0,07 м приводит к снижению силы сопротивления в поперечной

плоскости лишь на 29 Н, такой характер изменения силы исключает возможность стабилизации хода посевной секции в горизонтальной плоскости путем изменения углов атаки посевных дисков без учета стабилизирующей роли катка.

5. Расчеты показывают, что в диапазоне изменения глубины посева от 0,03 до 0,10 м и расстояния правого посевного диска до оси симметрии Г-образной стойки от 0,03 до 0,13 м, сила прижатия катка, обеспечивающая стабилизацию хода посевной секции в горизонтальной и вертикальной плоскостях изменяются от 70 до 428 Н, при глубине посева 0,07 м и расстоянии правого посевного диска от оси симметрии стойки 0,07 м сила прижатия катка должна составлять 262 Н.

6. Экспериментальными исследованиями установлено, что угол скалывания почвы при проходе плоского диска радиусом 0,25 м описывается законом нормального распределения при среднем значении равном $21,2^\circ$, среднеквадратическом отклонении - 4° , потенциальный объем накопления влаги в бороздах при обычном среднем значении угла склона поля $2,5^\circ$ составляет 5235 м^3 .

7. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлены рациональные параметры дисковой посевной секции, они равны: расстояние от оси поворота секции до места установки на Г-образной стойки центрального диска радиусом 0,25 м – 0,37 м, х посевных дисков радиусом 0,20 м соответственно левого – 0,87 м, правого – 1,27 м, их углы атаки – $5,7^\circ$, расстояние от оси поворота до оси катка радиусом 0,23 м – 1,86 м, сила прижатия катка не менее 428 Н.

8. Экономический эффект от применения зернотуковой сеялки, оснащенной разработанной дисковой посевной секцией, в сравнении с зарубежным аналогом за весь срок службы составит 4,11 млн. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные агроинженерные проблемы АПК [Текст] // Сборник научных трудов Поволжской межвузовской конференции. – Самара, 2001. – С. 91.
2. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства [Текст]: учебное пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов. - Гродно: ГрГУ, 2006. - 249 с.
3. Зерновые культуры [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://enciklopediya-tehniki.ru/promyshlennost-na-z/zernovye-kultury.html>.
4. Особенности биологии и агроэкологии озимых культур [Электронный ресурс] / Режим доступа - https://myzooplanet.ru/rastenievodstvo_850/osobennosti-biologii-agroekologii-ozimyyih-14046.html.
5. Лукин, С. В. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области: монография [Текст] / С. В. Лукин. – Белгород: КОНСТАНТА, 2008. – 176 с.
6. Каштанов, А. Н. Агроэкология почв склонов [Текст] / А. Н. Каштанов, В. Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
7. Скурятин Н.Ф. Обоснование конструктивно-технологической схемы сошника анкерного типа [Текст] / Скурятин Н.Ф., Жилияков А.Л., Ларин А.А. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2013. - №4. С. 94-98.
8. Иванов, В. Д. Водная эрозия и система почвоводоохранных мероприятий [Текст] / В. Д. Иванов. – Воронеж: ВСХИ, 1988.
9. Скурятин Н.Ф. Четыре операции за один проход [Текст] / Скурятин Н.Ф., Скурятин А.Н., Новицкий А.С., Жилияков А.Л. // Сельский механизатор. - 2014 - №12. С. 4-5.

10. Скурятин Н.Ф., Скурятин А.Н., Бондарев А.В. Порядок Способ посева зерновых культур и устройство для его осуществления, патент на изобретение 2326520, Nov 27, 2007.

11. Особенности почвозащитных технологий возделывания зерновых культур на склоновых землях: Рекомендации [Текст]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 52 с.

12. Лукин, С. В. Экологические основы земледелия (на примере Белгородской области) [Текст] / С. В. Лукин, П. Г. Акулов, Г. И. Уваров. – Белгород: Отчий край, 2006. – 288 с.

13. Бондарев А.В. Разработка конструктивно-технологической схемы посевной секции зернотуковой сеялки прессового типа [Текст] / Бондарев А.В., Жилияков А.Л., Журбенко С.Ю., Скурятин Н.Ф. // Вестник НГИЭИ. 2016. №12(67). С. 40-45.

14. Бондарев, А. В. Разработка энергосберегающего способа посева зерновых культур с одновременным внесением удобрения: Автореферат дисс. ... кандидата техн. наук. – Воронеж: ВГАУ, 2006.

15. Ковтун, Ю. И. Инженерная агрономия. [Текст] / Ю. И. Ковтун – Киев: Урожай, 1988. – 152 с.

16. Макаров, И. П. Минимализация обработки почвы [Текст]. / И. П. Макаров. – М., 1984.

17. Грищенко, Н. В. Агротехническое обоснование и разработка комплексов машин для почвозащитного земледелия (в условиях Среднерусской возвышенности) [Текст]: Автореферат дис. доктора с.-х. наук – Курск, 1993. – 57 с.

18. Ермаков, С. М. Предпосевная культивация почвы [Текст] / С. М. Ермаков // Зерновое хозяйство, 1986. – № 4. – с. 31-32.

19. Ламзин, В. П. Предпосевная обработка легких почв под ячмень [Текст] / В. П. Ламзин, Б. С. Литвинов // Зерновое хозяйство, 1974. – №1. – С. 20-21.

20. Трушин, В. Ф. Влияние на урожай поверхности, конструкции пахотного слоя и ложа для семян на оподзоленном и выщелоченном черноземах [Текст]: Автореферат дис. доктора с.-х. - М., 1965. - 35 с.
21. Ревут, И. Б. Физика почв [Текст] / И. Б. Ревут – Л.: Колос, 1972. – 336 с.
22. Гриценко, В. В. Семеноведение полевых культур. [Текст] / В. В. Гриценко, З. М. Калошина – М.: Колос, 1984. - 272 с.
23. Ижик, Н. К. Полевая всхожесть семян. [Текст] / Н. К. Ижик – Киев: Урожай, 1976. – 200 с
24. Медведев, В. В. Использование агрофизических свойств черноземов при разработке почвообрабатывающих машин [Текст] / В. В. Медведев, П. И. Слободюк, В. Ф. Пащенко // Механизация и электрификация с.-х., 1987. - № 3. – с. 6-8.
25. Нефедов Б. А. Разработка технологии и комплекса машин для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений в условиях интенсивного земледелия [Текст]: дисс. ... д-ра техн. наук. – М. - 501 с.
26. Бахтин, П. У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. [Текст] / П. У. Бахтин. – М.: Колос, 1969. – 90 с.
27. Лимонт, А. С. Влияние предпосевной твердости почвы на качество волокнистой части урожая льна-долгунца [Текст] /А. С. Лимонт // Механизация и электрификация с.-х., вып. 49. – Киев: Урожай, 1980, с. 24-29.
28. Земледелие без плуга: актуальные научные достижения и практический опыт [Текст] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001.– № 8.
29. Способы внесения удобрений [Текст] // Сб. науч. тр. – Воронеж, 1976.
30. Научные основы эффективного применения удобрений в центрально-черноземной зоне [Текст] / Под ред. В.Д. Панникова. – Воронеж, 1983. – 166 с.

31. Кузнецова, Е. К. Применение удобрений в Нечерноземной зоне. [Текст] / Е. К. Кузнецова, П. А. Вехов, В. Е. Булаев, М. М. Камынин. – М.: Московский рабочий, 1965 – 240 с.

32. Сроки и способы внесения минеральных удобрений. Обзор иностранной литературы [Текст] / Составитель акад. И.И. Синягин. – М.: МСХ –СССР, ВНИИ Информация и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству, 1971. С. 83.

33. Удобрения в современном земледелии [Текст]: Монография / В. Я. Родионов, А. С. Трусов, Н. И. Клостер, В. Б. Азаров, П. Г. Акулов, Б. Ф. Азаров. – Белгород: «Отчий край», 2013. – 120 с.

34. Сендряков, И. Ф. Рекомендации по локальному внесению минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах СССР при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] // И. Ф. Сендряков, Н. Г. Овчинникова, Ю. И. Вахромеев и др. – М., 1988.

35. Патент 2542125 Российская Федерация, МПК А01В46/06 (2006.01) А01С7/00 Дисковая посевная секция [Текст] / Заявители Н. Ф. Скурятин, Я. П. Хализев; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2012125003/13; заяв. 15.06.2012; опубл. 20.02.2015 г., Бюл. №5.

36. Скурятин, Н. Ф. Совершенствование способа сева трав под покровную культуру с одновременным локальным внесением удобрений [Текст] / Н. Ф. Скурятин, А. П. Захаржевский // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации / Сборник научных трудов. – Липецк: 1998. – С. 23-30.

37. Кубарева, Л. С. Локальное внесение удобрений – один из путей повышения их эффективности. / Л. С. Кубарева // Бюллетень ВИУА, 1980, №53, С. 3-9.

38. Белов, Г. Д. Механизация локального внесения минеральных удобрений [Текст] / Г. Д. Белов, В. А. Дьяченко. Под. ред. док. с.-х. наук Г. Д. Белова. – Минск.: Урожай, 1977. – 80 с.

39. Назаров, С. И. Разработка средств механизации локального внесения удобрений [Текст]. / С. И. Назаров, И. Г. Священник Каплан, А. В. Лежнев // Способы внесения удобрений, Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1976, С. 173-179.

40. Трапезников, В. К. Физиологические основы локального применения удобрений. [Текст] / В. К. Трапезников. Наука, – М.: 1983.

41. Ковалев, Н. Д. Основы агрономии [Текст] / Н. Д. Ковалев, М. Д. Атрошенко, А. В. Деконнер, А. Н. Литвиенко. – М.: Колос, 1968. - 240 с.

42. Кореньков, Д. А. Продуктивное использование минеральных удобрений [Текст] / Д. А. Кореньков. – М.: Россельхозиздат, 1985. - 221 с.

43. Булаев В. Е. О величине интервалов между лентами основного удобрения под зерновые культуры. [Текст] / В. Е. Булаев // Химия в сельском хозяйстве. – 1982. – №1 – с. 14-16.

44. Андреев, П. А. Азбука фермера [Текст] / П. А. Андреев, Н. В. Астахов, Б. Д. Долон и др. – М.: Колос, 1994. – 608 с.: ил.

45. Рекомендации по локальному внесению минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры [Текст] / Составители: В. Г. Осипов, В. Е. Булаев, И. Н. Чумаченко. – М.: Колос, 1981. – 30 с.

46. Панников, В. Д. Почва, климат, удобрения и урожай [Текст] / В. Д. Панников, В. Г. Манеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.: ил.

47. Булаев, В. Е. Распределение удобрений по профилю почвы при обработке ее различными орудиями. [Текст] / В. Е. Булаев, С. Н. Григоров, С. С. Медведев. – Агрохимия, 1977 – №2 – С. 91-94.

48. А. с. 1657090 СССР, МПК⁵ A01C7/12. Рабочий орган для внесения в почву сыпучих материалов [Текст] / Е. П. Шеховцева, А. П. Ирха; патентообладатель Кубанский сельскохозяйственный институт. – №4612946/15; заяв. 02.12.88; опубл. 23.06.91, Бюл. №23. – 4 с.: ил.

49. А. с. 1641210 СССР, МПК⁵ А01С7/20. Устройство для внутрипочвенного локального внесения удобрений [Текст] / Е. П. Шеховцева, Б. А. Нефедов; патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – №4479619/15; заяв. 07.09.88; опубл. 15.04.91; Бюл. №14. – 3 с.: ил.

50. Кореньков, Д. А. Удобрения, их свойства и способы использования [Текст] / Д. А. Кореньков, И. И. Синягин, А. В. Петербургский, Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1982. – 415 с.

51. Авдонин, Н. С. Научные основы применения удобрений [Текст] / Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – С.158 – 159

52. Булаев, В. Е. Агрохимические основы и технология локального внесения удобрений. [Текст] / В. Е. Булаев // В сб. способы внесения удобрений. Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1976, С. 5-40.

53. Мерецкий, С. В.; Скурятин, Н. Ф. Материалы XII международной научно-производственной конференции // к Способ посева зерновых на склоновых почвах. Белгород. 2008. С. 242.

54. Скурятин, Н. Ф.; Мерецкий, С. В. Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник статей в 3 кн. // Рациональный способ посева зерновых на эродированных почвах. Барнаул. 2011. pp. 459-463.

55. Мерецкий, С. В. Противозероэрозийная сеялка [Текст] / С. В. Мерецкий// Сельский механизатор. – № 4. – 2010 г. – С. 7

56. Кереев, К. Н. Биологические основы растениеводства. [Текст] / К. Н. Кереев. – М.: Высшая школа, 1982. - 408 с.

57. Семенов, А. Н. Зерновые сеялки [Текст] / А. Н. Семенов – Киев: Машгиз, 1959. - 318 с.

58. Подгорный, П. И. Растениеводство [Текст] / П. И. Подгорный. - М.: Сельхозиздат, 1963. - 480 с.

59. Сокол, Н. А. Рентгенографические исследования процесса уплотнения почвы [Текст] / Н.А. Сокол, Э.В. Яма Щербина, В.Г. Морозов // Исследование, проектирование и производство рабочих органов

сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр. - Ростов-на-Дону: РИСХМ, 1978, с.9-15.

60. Оксененко, И. А. Способы посева и урожай [Текст] / И. А. Оксененко // Кукуруза, 1975. - № 5. - с. 7-9.

61. Патент 2271090 Российская Федерация, МПК A01B79/02 (2006.01) A01B49/06 (2006.01) A01C7/20 (2006.01). Способ внесения минеральных удобрений и посева озимых зерновых на склоне и устройство для его осуществления [Текст] / Заявители Л. Г. Смирнова, С. И. Тютюнов, А. С. Новицкий, Н. Ф. Скурятин; патентообладатель Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (БелНИИСХ). – № 2004116046/12; заяв. 25.05.2004; опубл. 10.03.2006 г. Бюл. № 7. – 9 с.: ил.

62. Доманьков, В. М. Результаты исследований полета и равномерной укладки семян сахарной свеклы в борозде при точном посеве [Текст] / В. М. Доманьков, Л. Ю. Пронько // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. - Минск, 1979, вып. 22, с. 188-192.

63. Ширяев, А. М. Припосевное уплотнение почвы [Текст] / А. М. Ширяев// Техника в сельском хозяйстве. 1988. - № 3. - С. 33-35.

64. Патент 2224402 Российская Федерация, МПК⁷ A01B7/20. Комбинированный сошник [Текст] / Заявители А. С. Новицкий, Н. Ф. Скурятин, А. Н. Скурятин; патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2002120755/12; заяв. 29.07.2002; опубл. 29.07.2002 г.

65. Кулешов, Н. Н. Агрономическое семеноведение. [Текст] / Н. Н. Кулешов. – М.: Сельхозиздат, 1953. - 304 с.

66. Желиговский, В. А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. [Текст] / В.А. Желиговский. – Тбилиси, 1960. - 145 с.

67. Сабликов, М. В. Сельскохозяйственные машины. Основы теории и технологического расчета [Текст] / М. В. Сабликов. – М., 1968. – 296 с.

68. Кириченко, В. А. Совершенствование технологического процесса заделки семян и удобрений в почву комбинированными сошниками зерновых сеялок [Текст]: Автореферат дис. канд. техн. наук. - Харьков, 1986. - 22 с.

69. Петрунин, А. Ф. К вопросу фиксации семян при посеве [Текст] / А. Ф. Петрунин, В. П. Иванов // Сб. науч. тр. Кубанского СХИ. – 1967.– вып. 14 (42). – С. 43-47.

70. Сорока, Г.А. Системный биоэнергетический подход к проектированию технологических процессов посевных машин [Текст] / Г.А. Сорока // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. науч. тр. - Харьков: ХСХИ, 1983, т. 289. с. 27-33.

71. Беляев, Е. А. Посевные машины [Текст] / Е.А. Беляев. – М.: Россельхозиздат. - 1987. – 62 с.

72. Гусев, В. М. Посевные машины США и Канады [Текст] / В. М. Гусев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1989. - №3. – С. 55-58.

73. Карпенко, А. Н. Сельскохозяйственные машины [Текст] / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с: ил.

74. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы [Текст] / Н. И. Кленин, В. А. Сакун – 2-е изд. – М.: Колос, 1980. – 671 с, ил.

75. Бурченко, Б. Н. О взаимодействии культиваторных рабочих органов с почвой [Текст] / Б. Н. Бурченко // Сб. научн. тр. ВИМ. – М. : 1981. С. 90.

76. Михасёнок, Е. Н. Обоснование рабочих органов для разбросного рядового посева зерновых и зернобобовых культур / Е. Н. Михасёнок // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Урожай, 1971, т. 20, с. 66-80.

77. Патент 2405296 Российская Федерация, МПК А01С 7/00 (2006.1) Способ распределения удобрений одновременно с посевом и устройство для его осуществления [Текст] / Заявители Н. Ф. Скурятин, А. Н. Скурятин, С. В.

Мерецкий, О. В. Кувардин, А. С. Новицкий; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2009121372/05; заяв. 04.06.2009; опубл. 10.12.2012 г., Бюл. №34.

78. Скурятин, А. Н. Совершенствование процесса локального внесения минеральных удобрений: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж: ВГАУ, 2004.

79. А. с. №1738111 СССР, МПК⁵ А01В49/06, А01С7/00. Комбинированный рабочий орган для внесения удобрений в почву [Текст]. / Х. С. Гайнанов, Э. Н. Фаттахов, Р. Н. Булатов. Комбинированный рабочий орган для внесения удобрений в почву. – №4832272; заявл. 15.03.1990; опубл. 07.06.1992. – 5 с.: ил.

80. Патент РФ №2350064 МПК А01С7/00 (2006.01) Способ посева зерновых культур с внесением минеральных удобрений и устройство для его осуществления [Текст]. / Н. Ф. Скурятин, С. В. Мерецкий, А. Н. Скурятин: патентообладатели Н. Ф. Скурятин, С. В. Мерецкий, А. Н. Скурятин. – № 2007135158/12; заявл. 21.09.2007; опубл. 27.03.2009. – 13 с.: ил.

81. Патент РФ №2415539 МПК А01С7/00 (2006.01) Посевная секция [Текст]. / Н. Ф. Скурятин, С. В. Мерецкий, А. С. Новицкий, А. Н. Скурятин: патентообладатель Федеральное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2009143463/21; заявл. 24.11.2009; опубл. 20.04.2011. – 7 с. : ил.

82. Новицкий, А. С. Совершенствование процесса сева зерновых с одновременным локальным вертикально-ленточным внесением основной дозы минеральных удобрений: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж: ВГАУ, 2006.

83. Захаржевский, А. П. Совершенствование процесса высева многолетних трав под покровную культуру сошником на базе стрельчатой лапы: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж: ВГАУ, 2000.

84. Корчагин, В. А. Новым технологиям – современные машины [Текст]: Науч.-практ. руковод. / В. А. Корчагин, Г. И. Шаяхметов, О. И. Горянин, М. В. Маври ; Науч. ред., сост. В. А. Корчагин ; Самарский НИИСХ; ООО «Сызраньсельмаш». – Самара, 2007. – 108 с.

85. Мерецкий, С. В. Способ посева зерновых на откосах склонах. [Текст] / С. В. Мерецкий, Н. Ф. Скурятин, А. Н. Скурятин. // Техника в сельском хозяйстве. – Выпуск 2. – 2010 г. – с. 49-50.

86. А. с. 820700 СССР, МКИ⁵ A01C7/20. Сошник [Текст] / В. И. Поликарпов – № 2680165/30-15; заявл. 13.03.89; опубл. 15.04.81. Бюл. № 14, – 3 с.: ил.

87. А. с. 1676484 СССР, МКИ⁵ A01C7/20. Дисковый сошник [Текст] / Г. Я. Штыльфус, И. В. Мищенко. – №4718423; заявл. 12.07.1989; опубл. 15.09.1991. – 2 с. ; ил.

88. Патент РФ 2166242, МКП⁷ A01C7/20. Сошник [Текст] / М. Х. Каскулов, М. Б. Ероков; патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. – №99124110/13; заявл. 16.11.1999; опубл. 10.05.2001. – 3 с.: ил.

89. Патент РФ 2400959 МКП A01C7/00 (2006.01), A01B49/06 (2006.01). Посевная секция зернотуковой сеялки [Текст] / Н. Ф. Скурятин; патентообладатель Н. Ф. Скурятин. – № 2009109280/12; заявл. 13.03.2009; опубл. 10.10.2010. Бюл. № 28. – 12 с. : ил.

90. Смирнова, Л. Г. Эколого-ландшафтное обоснование воспроизводства плодородия почв в эрозионном рельефе юго-западной лесостепной провинции ЦЧЗ России [Текст]: Автореферат дисс. ... доктора биол. наук, 2007.

91. Патент 2139516 Российская Федерация, МПК⁶ G01N3/42. Способ определения удельного сопротивления почвы смятию [Текст] / Заявитель

Путрин А.С.; патентообладатель Путрин А. С. – №97116872/28; заяв. 30.09.1997; опубл. 10.10.1999.

92. Патент 2028614 Российская Федерация, МПК⁶ G01N33/24. Способ определения удельного сопротивления почв при пахоте [Текст] / Заявитель Гончарова Е. М., Прохоров А. Н., Сапожников П. М.; патентообладатель Почвенный институт им. В. В. Докучаева – №5021190/15; заяв. 26.08.199; опубл. 09.02.1995 г.

93. А. с. 1405716 СССР МПК⁴ A01B17/00 Устройство для определения сопротивления и степени износа почвообрабатывающих рабочих органов [Текст] / Заявитель Скепко Г. И., Малюгин Т. Т.; патентообладатель Проектно-конструкторский технологический институт министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности УССР – №4194641; заяв. 19.12.1986; опубл. 30.06.1988 г.

94. Патент 2105280 Российская Федерация, МПК⁶ G01M19/00, A01B17/00. Устройство для определения сопротивления и степени износа почвообрабатывающих рабочих органов [Текст] / Заявитель Салдаев А. М.; патентообладатель Салдаев А. М. – №95119014/13; заяв. 09.11.1995; опубл. 20.02.1998 г.

95. Инструкция по эксплуатации прибора для измерения твердости почвы ИП 232 РЭ.

96. Патент 152066 Российская Федерация, МПК A01B17/00. Установка для определения силы сопротивления погружению диска в почву [Текст] / Заявитель Скурятин Н.Ф., Новицкий А.С, Жилияков А.Л, Журбенко С.Ю.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА которым им. В.Я. Горина – №2015100540/13; заяв. 12.01.2015; опубл. 27.04.2015 г.

97. Прикатывание почвы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/prikatyvanie-pochvy>.

98. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин: учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов [Текст] / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

99. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / Под ред. Р. Ш. Хабатова – М.: ИНФРА-М, 1999. – 208 с.
100. Стерневые сеялки Rapid [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://www.standartagro.ru/tekhnika-po-proizvoditelyu/vaderstad/sternevye-seyalki/rapid>.
101. Машина почвообрабатывающая посевная (Обь) [Электронный ресурс] / Режим доступа - https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_200.
102. Мошнов М.В., Мачнев А.В. К вопросу применения современных технологий возделывания зерновых культур// в сборнике: Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России. Сборник Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. 2017. С. 90-93.
103. Антышев Н.М., Бычков Н.И. Справочник по эксплуатации тракторов // Н.М. Антышев, Н.И. Бычков. – М.: Россельхозиздат. 1985, 336 с.
104. Лабораторный практикум по дисциплине «Комплектование машинно-тракторного агрегата для выполнения сельскохозяйственных работ» для студентов факультета среднего профессионального образования по специальности 110809 - «Механизация сельского хозяйства» [Текст] / сост.: А. С. Новицкий, Н. Ф. Скурятин, А. В. Бондарев, М.И. Романченко – Белгород: Изд-во БелГСХА которым им. В.Я. Горина, 2014. - 90 с.; ил.
105. Экономическое обоснование внедрения мероприятий научно-технического прогресса в АПК. Методические рекомендации. [Текст] – М., 1991. – 124 с.
106. Шпилько, А. В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст] / А. В. Шпилько, В. И. Драгайцев, П. Ф. Тулапин и др. – М.: Издат. Комплекс «Родник», 1998. – 219 с.: ил.

107. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2013. Введ. 2013.01.01.
108. Гуськов, А.В. Оптимизация тягово-сцепных качеств тракторных шин [Текст]/Тракторы и сельхозмашины. –N 7, 2007. – С.19–21.
109. Цепляев А.Н., Русяева Е.Т. Теоретическое определение скорости взаимодействия ростка семени со дном борозды// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 170-175.
110. Schonberger Hg., Zimmerman A. Ertragsbildung von Getreide-Kumung und Feldaufgang. – DLG – Mitteilungen, 1984, Bd 99, H. 7, s. – 385.
111. Klapp E. Lehrbch des Acker - und Pflanzen - baues, 6 Aulf. P.Parey, В.-Н, 1967. – 603 p.

Приложение А

Таблица А.1 - Результаты тарировки пружины

Р, кН	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
l, см	0,66	1,34	1,82	2,28	2,74	3,3	3,84	4,58	4,96	5,34
l, дел.	33	67	91	114	137	165	192	229	248	267

Таблица А.2 - Результаты экспериментальных исследований по определению силы сопротивления погружению диска в почву при скорости движения 3,33 м/с

№ пп	Глубина погружения диска, см	Величина сжатия пружины, см	Сила сопротивления, Н
1	7,0	1,13	500,00
2	7,0	1,16	492,34
3	7,5	1,24	530,21
4	7,5	1,18	500,00
5	7,5	1,21	514,89
6	6,5	1,10	454,47
7	7,0	1,10	454,47
8	6,5	1,16	492,34
9	6,5	0,99	424,26
10	6,0	0,98	416,60
11	7,5	1,34	568,09

Таблица А.3 - Изменение тягового сопротивления центрального диска от глубины погружения и силы сопротивления внедрению ($r_{цд} = 0,25$ м)

Сила сопротивления внедрению центрального диска, Н	Глубина погружения центрального диска, мм								
		80	90	100	110	120	130	140	150
	250	109,1089	117,1303	125	132,7713	140,4879	148,1872446	155,9024	163,6634
	500	218,2179	234,2606	250	265,5425	280,9757	296,3744892	311,8048	327,3268
	750	327,3268	351,391	375	398,3138	421,4636	444,5617338	467,7072	490,9903
	1000	436,4358	468,5213	500	531,085	561,9515	592,7489784	623,6096	654,6537
	1250	545,5447	585,6516	625	663,8563	702,4394	740,936223	779,512	818,3171
	1500	654,6537	702,7819	750	796,6275	842,9272	889,1234675	935,4143	981,9805

Таблица А.4 - Изменение угла атаки левого посевного диска от глубины посева и радиуса диска (при ширине борозды в верхней части 0,05 м)

Радиус посевного диска, мм	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	160	15,63	11,17	9,25	8,15	7,42	6,90	6,51	6,21	5,98	5,80
	170	15,14	10,81	8,95	7,87	7,16	6,65	6,26	5,97	5,74	5,56
	180	14,69	10,48	8,67	7,62	6,92	6,42	6,04	5,75	5,52	5,34
	190	14,28	10,18	8,42	7,39	6,71	6,21	5,84	5,56	5,33	5,14
	200	13,90	9,91	8,19	7,18	6,51	6,03	5,66	5,38	5,15	4,97
	210	13,55	9,65	7,97	6,99	6,33	5,86	5,50	5,22	4,99	4,81
	220	13,22	9,42	7,77	6,81	6,17	5,70	5,35	5,07	4,85	4,67
	230	12,92	9,20	7,59	6,65	6,01	5,56	5,21	4,94	4,72	4,53
	240	12,64	9,00	7,42	6,49	5,87	5,42	5,08	4,81	4,59	4,41
	250	12,37	8,81	7,26	6,35	5,74	5,30	4,96	4,69	4,48	4,30

Таблица А.5 - Изменение силы сопротивления левого посевного диска от его радиуса и глубины посева при угле атаки $\tau_d = 5,66^\circ$ по оси Ох, Н

Радиус диска, мм	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	120	11,767495	23,75223	35,98051	48,48326	61,29715	74,46596	88,04249	102,0911	116,6912	131,9418
	130	11,759474	23,71772	35,89673	48,32203	61,02341	74,03588	87,40094	101,1681	115,3973	130,1611
	140	11,752635	23,68846	35,82615	48,1871	60,796	73,68148	86,87695	100,4217	114,3622	128,7541
	150	11,746735	23,66334	35,76587	48,07252	60,60408	73,38437	86,44086	99,80541	113,5152	127,6139
	160	11,741592	23,64155	35,71379	47,97401	60,43993	73,13169	86,07225	99,28794	112,8091	126,671
	170	11,737071	23,62245	35,66834	47,8884	60,29793	72,91415	85,75655	98,84724	112,2114	125,8781
	180	11,733064	23,60558	35,62834	47,81332	60,17387	72,7249	85,48312	98,46737	111,6989	125,202
	190	11,729488	23,59057	35,59286	47,74694	60,06456	72,55874	85,244	98,13655	111,2546	124,6185
	200	11,726278	23,57713	35,56116	47,68782	59,96751	72,4117	85,0331	97,84583	110,8656	124,1099
	210	11,723381	23,56503	35,53269	47,63484	59,88077	72,28065	84,84571	97,58833	110,5222	123,6626
	220	11,720751	23,55407	35,50697	47,58709	59,80277	72,16312	84,6781	97,35867	110,2169	123,2661
	230	11,718355	23,5441	35,48361	47,54383	59,73227	72,05711	84,52728	97,15255	109,9436	122,9121
	240	11,716162	23,53499	35,46232	47,50445	59,66822	71,96101	84,39086	96,96653	109,6975	122,5943
	250	11,714148	23,52664	35,44282	47,46846	59,60978	71,87349	84,26687	96,7978	109,4748	122,3073

Таблица А.6 - Изменение силы сопротивления левого посевного диска от его радиуса и глубины посева при угле атаки $\tau_d = 5,66^\circ$ по оси Oy, Н

	Глубина посева, мм									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
120	19,264219	58,37445	108,4202	166,5455	230,9854	300,4588	373,9475	450,5909	529,6288	610,3644
130	20,368006	61,30009	113,7422	174,7628	242,5632	315,8479	393,5955	474,9518	559,1708	645,578
140	21,41432	64,09031	118,8219	182,603	253,6002	330,5007	412,2767	498,0753	587,1583	678,865
150	22,411341	66,76251	123,6899	190,1145	264,1671	344,516	430,1247	520,1385	613,8223	710,5241
160	23,365474	69,33062	128,3711	197,3359	274,3201	357,972	447,2445	541,2787	639,3401	740,7816
170	24,281841	71,80603	132,8855	204,2989	284,105	370,9317	463,7202	561,6054	663,8518	769,8142
180	25,164618	74,19816	137,2501	211,0296	293,5597	383,4471	479,6205	581,2078	687,4704	797,7635
190	26,017264	76,51496	141,4788	217,5501	302,7158	395,5616	495,0027	600,1594	710,2888	824,745
200	26,842678	78,76315	145,5838	223,879	311,6003	407,3118	509,9151	618,5219	732,3845	850,8548
210	27,643324	80,94853	149,5753	230,0324	320,2362	418,729	524,3987	636,3478	753,8231	876,1737
220	28,421312	83,0761	153,4624	236,0243	328,6433	429,8402	538,4888	653,6821	774,6609	900,7705
230	29,178469	85,15025	157,2529	241,8668	336,8391	440,6691	552,2162	670,5637	794,9461	924,7046
240	29,916389	87,17482	160,9536	247,5707	344,8389	451,2363	565,6077	687,0268	814,7211	948,0274
250	30,636472	89,15322	164,5707	253,1453	352,6562	461,5599	578,6871	703,1013	834,0229	970,784

Таблица А.7 - Изменение силы сопротивления левого посевного диска от его радиуса и глубины посева при угле атаки $\tau_d = 5,66^\circ$ по оси Oz, Н

	Глубина посева, мм									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
120	41,060211	54,46019	63,40206	69,49368	73,34955	75,20537	75,07836	75,07836	75,07836	75,07836
130	42,663428	56,90999	66,57275	73,37185	77,97815	80,6806	81,56668	81,56668	81,56668	81,56668
140	44,212328	59,2578	69,5947	77,04451	82,32576	85,76785	87,5062	87,54553	87,54553	87,54553
150	45,711535	61,51546	72,48747	80,54214	86,4397	90,54195	93,01924	93,92237	93,92237	93,92237
160	47,165182	63,69269	75,26665	83,88826	90,35518	95,05625	98,18868	99,836	99,99711	98,59069
170	48,576935	65,79755	77,94485	87,10147	94,09926	99,35038	103,0736	105,3769	106,2912	105,7808
180	49,950043	67,83684	80,53251	90,19679	97,69327	103,4547	107,7178	110,6096	112,1846	112,4387
190	51,287387	69,81635	83,03835	93,18658	101,1544	107,3931	112,1548	115,5819	117,7469	118,6689
200	52,591528	71,74107	85,46975	96,08114	104,4967	111,1848	116,4109	120,3304	123,0299	124,546
210	53,864751	73,61532	87,83306	98,88918	107,732	114,8456	120,5073	124,8838	128,0731	130,1254
220	55,1091	75,44289	90,13374	101,6181	110,87	118,3883	124,4613	129,265	132,9073	135,4494
230	56,326412	77,22711	92,37658	104,2745	113,9194	121,8242	128,2872	133,4928	137,5574	140,5511
240	57,518341	78,97093	94,56576	106,8637	116,8872	125,1625	131,9969	137,5828	142,0436	145,4571
250	58,686385	80,67699	96,70498	109,3908	119,7799	128,4112	135,6008	141,5481	146,3827	150,189

Таблица А.8 - Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Ох, Н

Угол атаки диска , град.	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1,0222842	2,869306	5,23018	7,988549	11,07425	14,43787	18,04152	21,85453	25,85104	30,00864
	4	2,043323	5,735117	10,45399	15,96737	22,135	28,85814	36,06106	43,68243	51,67058	59,98072
	6	3,0618722	8,59394	15,66506	23,92673	33,16879	43,24326	54,03667	65,45711	77,42717	89,87972
	8	4,0766911	11,44229	20,85704	31,85694	44,16216	57,57569	71,94644	87,15205	103,0894	119,6692
	10	5,0865431	14,27671	26,02362	39,74834	55,10173	71,83797	89,76856	108,7408	128,6261	149,3129
	12	6,0901979	17,09372	31,15849	47,59131	65,97417	86,01273	107,4813	130,1971	154,006	178,7747
	14	7,0864328	19,88992	36,25539	55,3763	76,76623	100,0827	125,0631	151,4947	179,1984	208,0187
	16	8,074034	22,66188	41,30813	63,09382	87,46476	114,0307	142,4925	172,6078	204,1723	237,0092
	18	9,0517981	25,40622	46,31054	70,73447	98,05673	127,8398	159,7483	193,5106	228,8976	265,711
	20	10,018534	28,11962	51,25652	78,28894	108,5292	141,4932	176,8095	214,1776	253,3439	294,089

Таблица А.9 - Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Оу, Н

Угол атаки диска, град.	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0	29,292234	82,21627	149,864	228,9016	317,3182	413,6984	516,9565	626,2133	740,7281	859,8588
	2	29,27439	82,16619	149,7728	228,7621	317,1249	413,4464	516,6416	625,8318	740,2769	859,335
	4	29,22088	82,01599	149,499	228,344	316,5453	412,6906	515,6972	624,6879	738,9238	857,7642
	6	29,131768	81,76588	149,0431	227,6476	315,5799	411,4321	514,1246	622,7828	736,6704	855,1484
	8	29,007164	81,41615	148,4056	226,6739	314,2301	409,6723	511,9255	620,119	733,5194	851,4907
	10	28,847219	80,96722	147,5873	225,424	312,4975	407,4134	509,1028	616,6997	729,4748	846,7956
	12	28,652129	80,41965	146,5892	223,8995	310,3841	404,6581	505,6598	612,529	724,5415	841,0688
	14	28,42213	79,7741	145,4124	222,1022	307,8925	401,4098	501,6007	607,6121	718,7253	834,3173
	16	28,157503	79,03135	144,0586	220,0343	305,0259	397,6724	496,9305	601,9549	712,0336	826,5493
	18	27,85857	78,19232	142,5292	217,6983	301,7876	393,4505	491,6549	595,5642	704,4743	817,7743
	20	27,525696	77,25802	140,8261	215,0971	298,1816	388,7493	485,7802	588,448	696,0568	808,003

Таблица А.10 - Изменение силы сопротивления правого посевного диска от глубины посева и угла атаки по оси Oz, Н

Угол атаки диска, град.	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	4,4560336	8,607919	12,45032	15,9771	19,18116	22,0542	24,58645	26,76622	28,5794	30,00864
	4	8,9066383	17,20535	24,88547	31,93473	38,33895	44,08154	49,14295	53,49983	57,12398	59,98072
	6	13,346392	25,78182	37,2903	47,85346	57,45002	66,05516	73,63957	80,16827	85,59896	89,87972
	8	17,769884	34,32688	49,6497	63,71388	76,49111	87,94831	98,04647	106,739	113,9697	119,6692
	10	22,171727	42,83012	61,9486	79,49667	95,439	109,7343	122,3339	133,1797	142,2015	149,3129
	12	26,546557	51,28117	74,17204	95,18262	114,2706	131,3866	146,4723	159,4582	170,2601	178,7747
	14	30,889044	59,66975	86,3051	110,7526	132,963	152,8788	170,4323	185,5424	198,1112	208,0187
	16	35,193898	67,98563	98,33302	126,1876	151,4934	174,1848	194,1846	211,4005	225,721	237,0092
	18	39,455873	76,21867	110,2411	141,4689	169,8392	195,2786	217,7003	237,0011	253,0558	265,711
	20	43,669778	84,35886	122,0149	156,5779	187,9781	216,1344	240,9508	262,3129	280,0823	294,089

Таблица А.11 - Изменение суммы моментов сил, действующих на посевную секцию в горизонтальной плоскости от глубины посева и расстояния правого посевного диска до оси симметрии Г-образной стойки (каток не связан жестко)

Расстояние У, мм	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	10	-18760,993	-39469,1	-65510,2	-95722,2	-129389	-166001	-205165	-246561	-289921	-335009
	20	-18914,867	-39807,6	-66053,2	-96485,2	-130385	-167242	-206661	-248323	-291955	-337325
	30	-19068,741	-40146,1	-66596,1	-97248,1	-131382	-168483	-208158	-250084	-293990	-339641
	40	-19222,616	-40484,7	-67139	-98011,1	-132378	-169724	-209654	-251845	-296024	-341956
	50	-19376,49	-40823,2	-67681,9	-98774,1	-133374	-170966	-211151	-253606	-298059	-344272
	60	-19530,364	-41161,7	-68224,9	-99537,1	-134370	-172207	-212647	-255367	-300093	-346588
	70	-19684,238	-41500,3	-68767,8	-100300	-135367	-173448	-214144	-257128	-302128	-348904
	80	-19838,113	-41838,8	-69310,7	-101063	-136363	-174689	-215640	-258889	-304162	-351220
	90	-19991,987	-42177,3	-69853,6	-101826	-137359	-175930	-217137	-260651	-306196	-353535
	100	-20145,861	-42515,9	-70396,5	-102589	-138355	-177172	-218633	-262412	-308231	-355851
	110	-20299,735	-42854,4	-70939,5	-103352	-139352	-178413	-220129	-264173	-310265	-358167
	120	-20453,61	-43192,9	-71482,4	-104115	-140348	-179654	-221626	-265934	-312300	-360483
	130	-20607,484	-43531,5	-72025,3	-104878	-141344	-180895	-223122	-267695	-314334	-362799
	140	-20761,358	-43870	-72568,2	-105641	-142341	-182136	-224619	-269456	-316369	-365114

Таблица А.12 - Изменение суммы моментов сил, действующих на посевную секцию в вертикальной поперечной плоскости от глубины посева и расстояния правого посевного диска до оси симметрии Г-образной стойки (каток не связан жестко)

	Глубина посева, мм										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Расстояние У, мм	10	348050,764	327002,6	300526,7	269806,8	235571,9	198340,5	158513	116414,3	72319,07	26465,28
	20	347882,636	326624	299910,8	268932,4	234421,2	196898	156764,9	114348,5	69924,15	23731,05
	30	347714,508	326245,5	299295	268058,1	233270,5	195455,5	155016,9	112282,6	67529,24	20996,82
	40	347546,38	325867	298679,1	267183,7	232119,8	194013	153268,9	110216,7	65134,32	18262,59
	50	347378,251	325488,4	298063,3	266309,4	230969,1	192570,6	151520,9	108150,9	62739,4	15528,36
	60	347210,123	325109,9	297447,4	265435	229818,4	191128,1	149772,9	106085	60344,49	12794,14
	70	347041,995	324731,3	296831,6	264560,6	228667,7	189685,6	148024,9	104019,1	57949,57	10059,91
	80	346873,867	324352,8	296215,7	263686,3	227517	188243,1	146276,8	101953,3	55554,65	7325,679
	90	346705,739	323974,3	295599,9	262811,9	226366,3	186800,6	144528,8	99887,4	53159,74	4591,45
	100	346537,61	323595,7	294984	261937,5	225215,6	185358,1	142780,8	97821,53	50764,82	1857,222
	110	346369,482	323217,2	294368,2	261063,2	224064,9	183915,6	141032,8	95755,67	48369,9	-877,006
	120	346201,354	322838,6	293752,3	260188,8	222914,2	182473,1	139284,8	93689,8	45974,99	-3611,23
	130	346033,226	322460,1	293136,5	259314,5	221763,5	181030,6	137536,8	91623,93	43580,07	-6345,46
	140	345865,097	322081,6	292520,6	258440,1	220612,9	179588,1	135788,7	89558,07	41185,15	-9079,69

Таблица А.13 - Изменение потенциального объема влаги, удерживаемой на одном гектаре от угла склона поля и скалывания почвы

	Угол склона поля, град.										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	2539,108522	2507,945	2476,953	2446,113	2415,405	2384,809	2354,307	2323,879	2293,507	2263,171	2232,855
11	2799,076452	2761,217	2723,589	2686,169	2648,933	2611,855	2574,913	2538,084	2501,345	2464,673	2428,046
12	3060,814488	3015,558	2970,607	2925,932	2881,503	2837,292	2793,27	2749,409	2705,682	2662,062	2618,521
13	3324,501952	3271,128	3218,15	3165,529	3113,231	3061,222	3009,467	2957,934	2906,589	2855,401	2804,338
14	3590,323241	3528,093	3466,363	3405,089	3344,229	3283,743	3223,59	3163,731	3104,129	3044,745	2985,542
15	3858,468371	3786,619	3715,393	3644,738	3574,605	3504,947	3435,716	3366,867	3298,355	3230,136	3162,167
16	4129,133555	4046,877	3965,387	3884,603	3804,467	3724,924	3645,919	3567,398	3489,311	3411,606	3334,233
17	4402,521813	4309,044	4216,496	4124,811	4033,92	3943,759	3854,264	3765,374	3677,03	3589,174	3501,747
18	4678,843626	4573,298	4468,873	4365,488	4263,066	4161,531	4060,811	3960,836	3861,538	3762,848	3664,703
19	4958,317631	4839,827	4722,672	4606,761	4492,005	4378,317	4265,615	4153,817	4042,846	3932,625	3823,081
20	5241,171373	5108,821	4978,052	4848,758	4720,837	4594,189	4468,721	4344,34	4220,958	4098,488	3976,846
21	5527,642105	5380,479	5235,174	5091,606	4949,656	4809,214	4670,17	4532,421	4395,866	4260,407	4125,95
22	5817,977652	5655,006	5494,205	5335,433	5178,558	5023,453	4869,995	4718,065	4567,55	4418,339	4270,326
23	6112,437353	5932,616	5755,313	5580,37	5407,636	5236,966	5068,221	4901,267	4735,976	4572,224	4409,892
24	6411,293068	6213,529	6018,673	5826,547	5636,978	5449,803	5264,864	5082,011	4901,1	4721,99	4544,548
25	6714,830277	6497,976	6284,466	6074,097	5866,674	5662,012	5459,934	5260,271	5062,86	4867,544	4674,175
26	7023,349275	6786,198	6552,876	6323,152	6096,808	5873,634	5653,43	5436,007	5221,182	5008,779	4798,632
27	7337,166473	7078,446	6824,094	6573,849	6327,464	6084,702	5845,341	5609,166	5375,973	5145,567	4917,759
28	7656,615816	7374,985	7098,319	6826,324	6558,722	6295,246	6035,646	5779,682	5527,126	5277,758	5031,37
29	7982,050341	7676,089	7375,755	7080,717	6790,659	6505,285	6224,312	5947,473	5674,51	5405,182	5139,253
30	8313,843876	7982,05	7656,616	7337,166	7023,349	6714,83	6411,293	6112,437	5817,978	5527,642	5241,171
31	8652,392914	8293,173	7941,121	7595,817	7256,863	6923,885	6596,529	6274,459	5957,356	5644,917	5336,855
32	8998,118667	8609,78	8229,502	7856,812	7491,265	7132,441	6779,944	6433,397	6092,447	5756,755	5426,001
33	9351,469342	8932,209	8521,996	8120,299	7726,617	7340,48	6961,445	6589,093	6223,027	5862,872	5508,271
34	9712,922643	9260,822	8818,855	8386,426	7962,973	7547,97	7140,921	6741,358	6348,84	5962,948	5583,288
35	10082,98855	9595,997	9120,339	8655,343	8200,382	7754,865	7318,239	6889,98	6469,597	6056,627	5650,628

Приложение Б

Таблица Б.1 - Экспериментальные данные по определению угла скалывания почвы (скорость движения диска $v_p=3,33$ м/с).

№ п/п	Ширина борозды b_i	Глубина борозды h_i	Угол скалывания α_i	№ п/п	Ширина борозды b_i	Глубина борозды h_i	Угол скалывания α_i
1	6,17	12,2	14,2	26	8,63	11,6	20,4
2	6,37	11,8	15,1	27	8,87	11,8	20,6
3	6,36	10,8	16,4	28	8,58	11,6	20,3
4	6,76	11,2	16,8	29	9,44	11,8	21,8
5	7,44	12,4	16,7	30	9,56	12,2	21,4
6	7,51	12,2	17,1	31	9,55	12,0	21,7
7	7,49	11,8	17,6	32	8,38	10,8	21,2
8	7,23	11,6	17,3	33	8,05	10,6	20,8
9	8,30	12,4	18,5	34	9,51	12,2	21,3
10	8,15	12,4	18,2	35	9,44	11,8	21,8
11	7,35	10,8	18,8	36	9,28	11,6	21,8
12	8,08	11,6	19,2	37	10,56	12,2	23,4
13	8,45	11,8	19,7	38	10,31	11,8	23,6
14	7,98	11,4	19,3	39	9,04	10,8	22,7
15	7,27	10,8	18,6	40	10,57	11,6	24,5
16	7,89	11,2	19,4	41	10,81	11,7	24,8
17	8,64	12,0	19,8	42	10,16	10,8	25,2
18	8,78	12,2	19,8	43	11,22	11,6	25,8
19	9,15	11,8	21,2	44	11,41	11,8	25,8
20	8,51	11,2	20,8	45	10,44	11,3	24,8
21	9,47	11,6	22,2	46	10,91	11,7	25,0
22	9,96	12,2	22,2	47	11,55	12,0	25,7
23	9,49	11,4	22,6	48	11,12	11,3	26,2
24	9,17	10,8	23,0	49	11,72	11,7	26,6
25	10,32	11,7	23,8	50	11,42	11,3	26,8

Таблица Б.2 - Результаты расчета к построению гистограммы и закона распределения угла скалывания почвы

№ п/п	Значение глубины борозды, м	№ п/п	Значение глубины борозды, м
1	0,078	26	0,077
2	0,072	27	0,069
3	0,071	28	0,068
4	0,075	29	0,071
5	0,068	30	0,070
6	0,070	31	0,073
7	0,072	32	0,077
8	0,072	33	0,076
9	0,070	34	0,071
10	0,071	35	0,072
11	0,068	36	0,070
12	0,067	37	0,070
13	0,068	38	0,072
14	0,069	39	0,073
15	0,069	40	0,070
16	0,070	41	0,069
17	0,071	42	0,068
18	0,073	43	0,071
19	0,070	44	0,077
20	0,073	45	0,069
21	0,075	46	0,067
22	0,072	47	0,068
23	0,070	48	0,070
24	0,075	49	0,075
25	0,071	50	0,072
		51	0,070

Приложение В

Таблица В.1 - Исходные данные и расчет экономических показателей выполнения процесса с применением новой и базовой машин.

Прямой посев		Прямой посев		Наименование сельскохозяйственных операций	
T-150K-09	Rapid-400	T-150K-09	Обь-4 3Т*	Марка машины	Соста в агрег ата
1	2	1	2	Число машин	
5	3	5	3	Профессия, разряд	Обслу живаю щий персон ал
1	2	1	2	Количество	
7,00	-	6,50	-	Производительность за 1 ч сменного времени, га/ч	
1840	2950	1840	1435	Балансовая цена машины, тыс. руб	
10,0	12,5	10,0	12,5	Реновацию, %	Кэффицие нт отчислений на
18	7	18	7	Капитальный и текущий ремонт, тех. Обслуживание, %	
1200	90	1200	90	Зональная годовая загрузка, ч	
630		585		Годовой объем работы, га	
3,18		3,81		Расход горючего, кг на 1 га	
318,5	22,96	318,5	222,96	Сменная тарифная ставка, руб/ч	
5,70	7,96	6,13	8,580	Зарплата	Прямые эксплуатационные затраты, руб/га
21,9	1170,6	23,6	613,25	Реновация	
39,43	655,6	42,46	343,4	Капитальный и текущий ремонт, тех. обслуживание	
114,8	-	114,8	-	Топливо и смазочные материалы	

Приложение Г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 138141**ПОСЕВНАЯ СЕКЦИЯ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ**

Патентообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина" (RU)**

Автор(ы): **см. на обороте**

Заявка № **2013150758**

Приоритет полезной модели **14 ноября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **05 февраля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **14 ноября 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾138141⁽¹³⁾ U1(51) МПК
A01C7/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 07.11.2016 - прекратил действие, но может быть восстановлен
Пошлина: учтена за 1 год с 14.11.2013 по 14.11.2014

(21), (22) Заявка: 2013150758/13, 14.11.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.11.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.11.2013

(45) Опубликовано: 27.02.2014

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВПО Бел ГСХА
им. В.Я. Горина, зав. сектором патентования
Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Новицкий Александр Сергеевич (RU),
Жиляков Алексей Леонидович (RU),
Скuryтин Андрей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия имени В.Я.
Горина" (RU)

(54) ПОСЕВНАЯ СЕКЦИЯ ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для посева зерновых культур с одновременным локальным внесением минеральных удобрений и может быть использовано на зернотуковых сеялках. Использование данной посевной секции зернотуковой сеялки позволяет сократить затраты энергии за счет совмещения ряда технологических операций; улучшить качество посева за счет повышения полевой всхожести семян путем их укладки на твердое посевное ложе с последующим уплотнением почвы над ними; повысить эффективность удобрений посредством одновременного внесения припосевной и основной доз; повысить урожайность зерновых в результате ориентированного размещения основного удобрения относительно корневой системы. 4 ил. Источники информации SU 1688796 A1, 5 A01C 7/20; 07.11.1991, RU 2249936 C1, 7 A01C 7/20; 20.04.2005, SU 1676484 A1, 5 A01C 7/20; 15.09.1991, RU 2166242 C1, 7 A01C 7/20; 10.05.2001, RU 2400959 C1, A01C 7/00 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01); 10.10.2010.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 152066

**УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЮ ДИСКА В ПОЧВУ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина" (RU)*

Автор(ы): *с.м. на обороте*

Заявка № 2015100540

Приоритет полезной модели 12 января 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 06 апреля 2015 г.

Срок действия патента истекает 12 января 2025 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾152066⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

A01B17/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 07.11.2016 - прекратил действие, но может быть восстановлен
Пошлина: учтена за 1 год с 12.01.2015 по 12.01.2016

(21), (22) Заявка: 2015100540/13, 12.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.01.2015

(45) Опубликовано: 27.04.2015

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВПО БелГСХА
им. В.Я. Горина, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Скuryтин Николай Филиппович (RU),
Новицкий Александр Сергеевич (RU),
Жиляков Алексей Леонидович (RU),
Журбенко Сергей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия имени В.Я.
Горина" (RU)

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЮ ДИСКА В ПОЧВУ

(57) Реферат:

Установка для определения силы сопротивления погружению диска в почву включает элементы гидронавески трактора, управляющие балкой, задний конец которой взаимодействует с пружиной, установленный на шток, шарнирно закрепленный на кронштейне, причем к кронштейну жестко закреплена ось с диском, кроме того к оси в вертикальном направлении жестко закреплена указатель глубины погружения диска. Применение установки позволит определять силу сопротивления погружению диска в почву без использования сложной, дорогостоящей тензометрической аппаратуры. 2 ил. Источники информации: 1. RU 2139516 C1, 6 G01N 3/42, 10.10.1999; 2. RU 2028614 C1, 6 G01N 33/24, 09.02.1995; 3. SU 1405716 A1, 4 A01B 17/00, 30.06.1988; 4. RU 2105280 C1, 6 G01M 19/00, A01B 17/00, 20.02.1998; 5. Инструкция по эксплуатации прибора для измерения твердости почвы ИП 232 РЭ, Новокубанск, 2002, 9 с.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 165367

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ,
ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ДИСК, УСТАНОВЛЕННЫЙ ПОД
УГЛОМ К НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Белгородский государственный аграрный университет имени
В.Я. Горина" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2016108595

Приоритет полезной модели 09 марта 2016 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 26 сентября 2016 г.

Срок действия патента истекает 09 марта 2026 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Извиев Г.П. Извиев



165367⁽¹³⁾ U1



(51) МПК
A01B17/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 07.11.2016 - действует

(21), (22) Заявка: 2016108595/13, 09.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **09.03.2016**

(45) Опубликовано: **20.10.2016**

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Скuryтин Николай Филиппович (RU),
Бондарев Андрей Владимирович (RU),
Жильков Алексей Леонидович (RU),
Журбенко Сергей Юрьевич (RU)

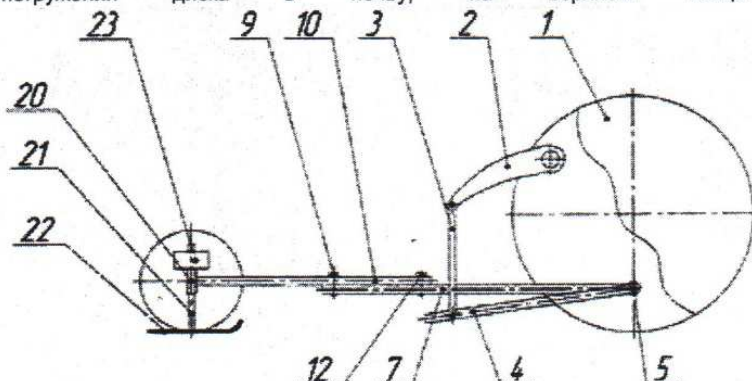
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ДИСК, УСТАНОВЛЕННЫЙ ПОД УГЛОМ К НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ

Формула полезной модели

Устройство для определения сил, действующих на диск, установленный под углом к направлению движения, включающее трактор, гидронавеску, к концам рычагов которой шарнирно прикреплены раскосы, нижние концы которых закреплены на нижних тягах навески трактора; ось, на концах которой шарнирно установлены передние концы нижних тяг гидронавески трактора, а в средней части оси установлена втулка; тягу, которая размещена ниже балки, соединяющей концы нижних тяг, при этом к заднему концу тяги посредством пальца шарнирно прикреплен двуплечий рычаг, к заднему концу которого жестко прикреплена линейка, причем передний конец двуплечего рычага установлен над сектором со шкалой углов с возможностью установки посредством фиксатора в определенном положении над сектором; кронштейн диска, к заднему концу которого шарнирно прикреплен шток с установленными на нем пружиной и гайкой; к заднему концу кронштейна диска жестко прикреплена ось диска с установленными на ней диском, к торцу оси жестко прикреплена направляющая штока, в которую помещен шток ограничителя глубины погружения диска в почву, на верхнем конце которого установлены грузы.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2569630**ПОСЕВНАЯ СЕКЦИЯ АНКЕРНОГО ТИПА**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ) (RU)*

Автор(ы): *с.м. на обороте*

Заявка № **2014103712**

Приоритет изобретения **04 февраля 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **29 октября 2015 г.**

Срок действия патента истекает **04 февраля 2034 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾2569630⁽¹³⁾ C2

(51) МПК

A01C7/20 (2006.01)

A01C5/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 07.11.2016 - прекратил действие, но может быть восстановлен

(21), (22) Заявка: 2014103712/13, 04.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.02.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.02.2014

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2015

(45) Опубликовано: 27.11.2015

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2435355 C1, 10.12.2011. RU 6102 U1, 16.03.1998. SU 428716 A, 25.05.1974. DE 3422147 A1, 19.12.1985. US 2736279 A, 28.02.1956. US 3800881 A, 02.04.1974. FR 2649281 A1, 11.01.1991.

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Крюковой Н.Е.

(72) Автор(ы):

Скuryтин Николай Филиппович (RU),
Жиляков Алексей Леонидович (RU),
Ларин Анатолий Анатольевич (RU),
Цыпкина Ирина Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ) (RU)

(54) ПОСЕВНАЯ СЕКЦИЯ АНКЕРНОГО ТИПА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к орудиям для посева зерновых культур. Посевная секция анкерного типа содержит раму (2) с жестко прикрепленным к ней кронштейном (1) и шарнирно прикрепленным щитком (3). В верхней части щитка (3) с наружной его стороны жестко прикреплена плоская пружина (4). С внутренней стороны щитка (3) шарнирно закреплена штанга (5) с пружиной (6). В задней части щитка (3) выполнены левый и правый уступы (14), отогнутые вниз на угол 90°. Линии изгибов уступов (14) выполнены под острым углом к направлению движения. Конец (15) щитка (3) отогнут вниз на острый угол относительно горизонтали. Верхний конец штанги (5) помещен в отверстие, выполненное в кронштейне (1). Верхний конец пружины (6) установлен в контакте с кронштейном (1). Ниже шарнирно закрепленной штанги (5) к щитку (3) жестко прикреплена направляющая (7) с помещенным в ней анкером (8). Сбоку верхней части направляющей (7) выполнен паз, по обе стороны которого жестко закреплены щеки (10) с установленным между ними двуплечим рычагом (11). Нижний конец анкера (8) закрыт заглушкой (9) и помещен в отверстие в щитке (3) и отверстие в конце плоской пружины (4). Верхний конец анкера (8) установлен в контакте с тукосемяпроводом (13), соединенным с кронштейном (1). В верхней части анкер (8) и передний конец двуплечего рычага (11) соединены шарнирно в щеках (10). В щеках (10) по радиусу выполнены отверстия (12). В переднем конце двуплечего рычага выполнено соосно с отверстиями (12) отверстие. Такое конструктивное решение направлено на повышение технологической надежности процесса посева при повышенной влажности почвы и наличия в ней растительных остатков, а также простоты конструкции. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 614 800** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) МПК
A01C 7/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015150799, 26.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.11.2015Дата регистрации:
29.03.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.11.2015

(45) Опубликовано: 29.03.2017 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Скuryтин Николай Филиппович (RU),
Бондарев Андрей Владимирович (RU),
Жиляков Алексей Леонидович (RU),
Журбенко Сергей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина"
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2384039 C1, 20.03.2010. US
2924189 A1, 09.02.1960. RU 2400959 C1,
10.10.2010. RU 2267898 C1, 20.01.2006. RU
2415539 C1, 10.04.2011.

(54) Посевная секция зернотуковой сеялки прессового типа

(57) Реферат:

Посевная секция зернотуковой сеялки прессового типа предназначена для осуществления четырех технологических операций за один проход: рыхление почвы в зоне посева, внесение основного удобрения ниже уровня посева, высеv двух рядков семян на уплотненное ложе и уплотнение почвы над семенами. Основными конструктивными элементами посевной секции, выполняющими четыре технологические операции за один проход, являются: дисковый нож 20, оснащенный двумя ребордами 21, два семяпровода 17 с упругими

семянaправителями 18, тукопровод 15 с дугообразным уплотнителем туков 16, два диска 11 и два катка 13. К раме 1 жестко закреплена передним концом пластинчатая пружина 2. Задний ее конец оснащен втулкой 3, шарнирно соединенной пальцем 4 с верхним концом кронштейна 5. Нижний конец кронштейна 5 жестко соединен с балкой 6. К концам балки средней частью жестко соединены продольные тяги. Изобретение позволит повысить технологическую надежность посевной секции. 3 з.п. ф-лы., 4 ил.

RU 2 614 800 C1

RU 2 614 800 C1

Приложение Д

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

308503, пос. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, 1. Тел. (4722) 39-25-71
(4722) 39-21-79, Fax.(4722) 39-22-62, E-mail: info@bsaa.edu.ru

№ 228 от « 07 » 02 2018 г.
на
№ _____ от « _____ » _____ 2018 г.

СПРАВКА

Выдана Жилякову Алексею Леонидовичу в том, что результаты его теоретических и экспериментальных исследований, полученные в период обучения в аспирантуре ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, на тему: «Обоснование параметров дисковой посевной секции зернотуковой сеялки прямого посева» используется на инженерном факультете при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



П.И. Бреславец

Утверждаю:

Директор Белгородского отделения


 ЗАО «Краснояржская зерновая
компания»

Рязанов М.Н.

«__» _____ 20__ г.

Акт

внедрения в производство научно-технической разработки

Мы, нижеподписавшиеся: научный руководитель, профессор, профессор кафедры «Технического сервиса в АПК» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, доктор техн. наук Скурятин Николай Филиппович, и. о. зав. кафедры, кандидат техн. наук Бондарев Андрей Владимирович, инженер Жилияков Алексей Леонидович, гл. инженер белгородского отделения ЗАО «Краснояржская зерновая компания» Радомский Алексей Николаевич, составили настоящий акт о том, что комплект посевных секций на базе дисков к зернотуковой сеялке, разработанный в соответствии с патентами РФ №138141, № 2614800 использован в опытном образце зернотуковой сеялки, который прошел предварительные производственные испытания в белгородском отделении ЗАО «Краснояржская зерновая компания» и показал положительные результаты по обеспечению агротехнических требований (равномерность глубины заделки семян и удобрений) при посеве озимой пшеницы. Сравнительная оценка всходов озимой пшеницы при посеве сеялкой с разработанными посевными секциями и сеялкой с двухдисковыми сошниками показал, что количество всходов на 1 м² соответственно равно 448 и 442 шт., это указывает на целесообразность дальнейшего использования опытного образца и изготовления опытной партии сеялок с предложенными посевными секциями.

Научный руководитель



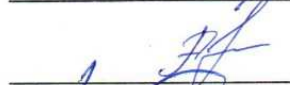
Скурятин Н.Ф.

И.О. зав. кафедрой



Бондарев А.В.

инженер



Жилияков А.Л.

гл. инженер



Радомский А.Н.