

ФГБОУВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление подготовки -35.04.06 Агроинженерия

Магистерская программа – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

**ТЕМА: Разработка и исследования дискового рабочего органа
окучника**

Студент магистратуры

Хасанов Ц. А.

Научный руководитель.
к.т.н., доцент

Нафиков Ц. Р.

Рецензент *д.т.н.*
профессор

Хатиров К. А.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

Протокол № 7 от 1 февраля 2021 г

Заведующий кафедры машины и
оборудования в агробизнесе

Халиуллин Д. Т.

АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации), выполненной на тему: «Разработка и исследования дискового рабочего органа окучника», представленной на соискание степени магистра по направлению – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Диссертация посвящена разработке и исследованию дискового рабочего органа окучника, предназначенного для совмещения операций междурядной обработки почвы. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований об основаны основные параметры и режимы работы дискового рабочего органа окучника, оснащённого лотками рабочей поверхностью, зубчатой режущей кромкой и устройством для регулирования по высоте.

При обработке почвы по рекомендуемой технологии машиной скомбинированными рабочими органами осуществляется рыхление посевного слоя, выравнивание поверхности поля, уничтожение сорняков. Причём применение экспериментальных рабочих органов способствует повышению качества междурядной обработки почвы, снижению эксплуатационных, энергетических затрат и энергоёмкости процесса рыхления.

Диссертация написана на русском языке, состоит из введения, пяти глав, общих выводов и содержит 70 страниц машинописного текста, в том числе 23 рисунков, 4 таблиц, 36 наименований использованной литературы и 2 страниц приложений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ...	7
1.1. Агротехнические требования и технологические основы междурядной обработки почвы	7
1.2. Анализ конструкций для междурядной обработки почвы	9
1.3. Классификация рабочих органов окучников	27
1.4. Состояние исследований машин для междурядной обработки почвы	30
1.5. Краткие выводы. Цель и задачи исследований.....	35
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОКУЧНИКА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	37
2.1. Конструктивно-технологическая схема дискового рабочего органа окучника для междурядной обработки почвы	37
2.2. Обоснование формы и геометрических размеров дискового рабочего органа окучника	41
2.3. Обоснование параметров расстановки рабочих органов на раме пропашного культиватора	44
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	46
3.1. Программа лабораторных исследований.....	46
3.2. Методика определения физико-механических свойств почвы	47
3.3. Методика определения тягового сопротивления дискового рабочего органа окучника	51
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	55
4.1. Результаты определения физико-механических свойств почвы ...	55
4.2. Результаты определения тягового сопротивления дискового рабочего органа окучника	58
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОКУЧНИКА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	60
5.1. Сравнительная технико-экономическая оценка	60
5.2. Энергетическая оценка.....	62
ВЫВОДЫ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В условиях углубления рыночных отношений и перехода на путь самофинансирования перед сельскохозяйственной наукой и практикой возникла реальная необходимость рационального (эффективного) использования земли, повышения её плодородия, защиты почв от эрозии, снижения себестоимости возделывания сельскохозяйственных культур при соблюдении требований экологии окружающей природной среды. Поэтому возникла потребность широкого внедрения в производство новых оптимальных способов и приёмов междурядной обработки почвы.

К операциям междурядной обработки почвы пропашных культур уделяется особое внимание, в частности, окучиванию их рядков. Междурядная обработка почвы производится для уничтожения сорняков и поддержания междурядий в рыхлом состоянии, что сохраняет влагу в почве и обеспечивает биологическую деятельность почвы, накопление нужных для растительных элементов пищи, которые влияют на урожай пропашных культур. Поэтому механизация качественной обработки почвы междурядий, обеспечивающая своевременную и правильную её обработку, является необходимым условием повышения урожайности. При этом окучник используется при значительных посевах пропашных растений.

Однако существующие окучники не в полной мере удовлетворяют агротехнические требования и обладают рядом существенных недостатков.

Поэтому тема, посвящённая разработке и исследованию дискового рабочего органа окучника при междурядной обработке почвы, обеспечивающего выполнения вышеуказанных операций, является актуальной и имеет важное народнохозяйственное значение.

Целью нашей работы является разработка и исследование дискового рабочего органа окучника при междурядной обработке почвы пропашных культур.

Объекты исследования. Технологический процесс междурядной обработки почвы и дисковые рабочие органы окучника.

Предмет исследования. Закономерности взаимодействия дисковых рабочих органов окучника с почвой, зависимости количественных и качественных показателей их работы от конструктивно-технологических параметров.

Методика и методы исследования. Теоретическая часть исследования основана на методах и законах земледельческой механики и положений аналитической геометрии. Экспериментальные исследования были проведены в лабораторных условиях, где применены действующие общепринятые методики. Полученные в экспериментальных исследованиях данные обрабатывались при помощи методов математической статистики и с учётом теории вероятности.

Научная новизна. Разработана конструкции дисковых рабочих органов окучника. Получены зависимости, позволившие обосновать рациональные значения конструктивных параметров спирально-пластинчатого рабочего органа, а также – уравнения его движения в почве. Установлен характер взаимодействия дисковые рабочие органы окучника с почвой в зависимости от его конструктивных параметров и физико-технологических свойств почвы.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическую значимость работы составляет совокупность сформулированных научных положений и результатов экспериментальных исследований по обоснованию и разработке дискового рабочего органа окучника. Для практики существенное значение имеет разработанный опытный образец, а также его внедрение в конструкции серийно выпускаемой машины КРН-4,2.

С учётом выше изложенного и требования к диссертационным работам на защиту выносятся следующие основные положения:

-конструктивно-технологическая схема дискового рабочего органа окучника

- аналитические зависимости по обоснованию и определению формы рабочих элементов и параметров дискового рабочего органа окучника;
- результаты лабораторных исследований разработанных дискового рабочего органа окучника;
- технико-экономическое обоснование использования экспериментального культиватора.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на научных конференциях Казанского ГАУ (2018 -2020 гг.).

Публикации. Обзор конструкций и результаты исследований опубликованы в 3 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация написана на русском языке, содержит введение, пять глав, общие выводы и 70 страниц машинописного текста. При этом включены 23 рисунков, 2 таблиц, список из 36 наименования литературы, а также 2 страниц приложений.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов работы обоснована и подтверждена лабораторными исследованиями. Результаты экспериментальных исследований подтверждены 90% доверительной вероятности при погрешностях опытов не более 5%.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Агротехнические требования и технологические основы междурядной обработки почвы

Современной агробиологической наукой предъявляются значительные требования к основным технологическим процессам междурядной обработки почвы: разрыхлению верхнего слоя почвы; культивации; боронованию и борьбе с почвенной коркой. Обработка почвы выполняется культиваторами – растение питателями, окучниками, прополочными боронками с целью решения главных задач по созданию хороших условий для развития растений, уменьшению испарения влаги, уничтожению сорняков и созданию благоприятных условий для пропашных культур [34,35].

Большое разнообразие машин и агрегатов, учитывающих рациональное их использование с учетом прироста семян и растений, позволяет наиболее качественно выполнить поставленные задачи.

Кроме того, в общей системе агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности пропашных культур, видное место занимает междурядная обработка посевов. При этом основой формирования высоких урожаев возделываемых культур является своевременное проведение комплекса технологических операций в строго установленные сроки и с высоким качеством.

Основной целью междурядной обработки являются:

- качественное рыхление поверхностного слоя, обеспечивающее необходимую скважность и аэрацию почвы, повышающих интенсивность биологических процессов;
- создание мелкокомковатой структуры в поверхностном слое, которая обеспечивала бы просачивание воды в почву и снизила до минимума испарение ее из нижележащих слоев;
- ликвидация трещин в почве и создание выровненной поверхности поля, способствующий уменьшению испарения влаги;

- улучшения газообмена в почве, что создает благоприятные условия для минерализации органических веществ и развития растений;
- уничтожение сорной растительности.

В связи с этим возникла необходимость проанализировать агротехнические требования к операциям междурядной обработки:

- соблюдать установленную глубину обработки; отклонение от заданной глубины не должно превышать $\pm 15\%$;
- полностью подрезать сорные растения, обеспечивается установлением перекрытия 30...50 мм;
- не допускать повреждений и засыпания культурных растений; защитные зоны для двухсторонних плоскорежущих (стрельчатых) лап 80...150 мм, для односторонних (бритв) – 60...110 мм. Отклонения ширины защитной зоны допускаются ± 2 см от заданной;
- поверхность взрыхленных междурядий должна быть ровной и допускается выворачивание нижнего влажного слоя почвы на поверхность поля. Глубина бороздок не должна превышать 3 см;
- соблюдать установленную норму внесения удобрений: допускается отклонение не более 5% от нормы внесения, неравномерность не более 15% между туковысевающими аппаратами;
- соблюдать заданную глубину и расстояние от рядков при внесении удобрений; отклонение не должны превышать 15%.
- при окучивании картофеля высота гребня не должна превышать 15 см (для широких гребней) и 25 см (для узких гребней) с рыхлением дна борозды на 5-8 см.

При возделывании культурных растений преимущественно применяется операция культивации. Она проводится для ликвидации сорняков и рыхления почвы без её оборачивания, когда требуется уход за парами и подготовка почвы под посев.

В целях рыхления верхнего слоя почвы и снижения улетучивания влажности пахотным слоем предусмотрено боронование, то есть ликвидирование сорняков в первоначальной фазе формирования, вычесывая

отмершие растительные фрагменты (остатки) на посевных площадях озимых культур и многолетних трав в некоторых случаях с целью заделки удобрений и семян.

Для борьбы с почвенной коркой должно удовлетворять следующие основные агротехнические требования:

- своевременная весенняя обработка почвы с образованием минимального количества пыли;
- в структурной почве максимально возможное количество пылинке должно превышать 25% (по В.Р. Вильямсу);
- глубина поверхностной обработки почвы не должна быть меньше толщины почвенной корки, которая составляет 3–4см (по А.И. Каспирову);
- для повышения эффективности мульчи существует необходимость на поверхности оставлять слой рыхлой высохшей почвы толщиной 5–7 см

1.2 Анализ конструкций для междурядной обработки почвы

Необходимым условием дальнейшего роста урожайности и повышения эффективности сельскохозяйственного производства является применение научно обоснованной системы обработки почвы. Механическая обработка почвы - важное агротехническое мероприятия в создании оптимальных условий для жизни культурных растений и повышении плодородия почв. Поэтому только при условии применения высококачественной обработки почвы можно повысить культуру земледелия.

Научная разработка по механизации технологического процесса обработки почвы охватывает широкий круг вопросов: установление объективных характеристик физико-механических и технологических свойств различных типов почв, изыскание новых технологических схем и принципов воздействия элементов рабочих органов машин на обрабатываемую среду, разработку научных основ проектирования и создание средств с оптимальными параметрами, рациональное построение производственных операций технологического процесса а соответствии с агротехническими требованиями и др. [35].

Как в нашей стране, так и за рубежом решению этих вопросов посвящено значительное количество работ. Развитию исследований в области механизации процессов обработки почвы способствовали классические труды основоположника земледельческой механика академика В.П. Горячкина и продолжателей его идей – академиков В.А. Желиговского и П.М. Василенко. Существенный вклад в теорию деформирования и разрушения пласта под воздействием рабочих органов почвообрабатывающих машин внесен Г.Н. Синековым, А.Т. Вагиным, В.И. Виноградовым, а также зарубежными исследователями – М. Никольс и В. Зоне. Ряд конкретных задач в области изучения рабочих органов почвообрабатывающих орудий как общего, так и специального назначения, были поставлены и успешно решены Р.К. Абдрахманов, Г.Г. Булгариев, Н.Б. Боком, А.И. Любимовым, А.Ф. Ульяновым, П.Н. Бурченко, Л.В. Гячевым, М.Д. Подскребко, А.Н. Семеновым, И.З. Багировым, И.М. Пановым, В.Г. Кирюхиным, Г. Бернацкий, С. Гавалец, Е.Д. Гордоном и другими исследователями.

Значительным этапом в исследовании физической сущности процесса резания почв и грунтов стали работы А.Н. Зеленина, который творчески развил вопросы, поставленные М.Х. Пигулевским, А.Д. Далиным, М.Г. Гологурским, а также Е. Динглингером и И. Ратье. В последующем в теорию резания почв лезвием также был внесен значительный вклад Ю.А. Ветровым, И.Я. Айзенштоком и др.

В последние годы широко обсуждаются вопросы влияния на урожай сельскохозяйственных культур методов и приемов обработки почвы с использованием почвофрез, позволяющих производить полную обработку почвы за один проход машин [28,34,35].

Исследованиями М.Х. Пигулевского, П.А. Некрасова и других установлено, что фрезерная обработка обеспечивает наилучшие условия для микробиологической деятельности почвенных бактерий, способствует повышению содержания нитратного азота и усвояемости его растениями.

В исследованиях Е.П.Яцука, Ю.И. Матяшина и других указывается на возможности снижения энергоемкости процесса фрезерования путем уменьшения диаметра фрезерного барабана [4,5], так как это ведет к значительному снижению длины пути резания. Наибольшей эффект снижения энергоемкости срезания почвенной стружки достигается в том случае, когда отношение диаметра фрезбарабана к глубине обработки находится в пределах $1,13 \dots 1,33$.

В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом большое внимание уделяется разработке и исследованию машин с комбинированными рабочими органами фрезерного типа, применение которых на поверхности обработки почвы обеспечивает значительный агротехнический эффект.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом для проведения междурядных обработок применяются различные машины и орудия, удовлетворяющие в той или иной мере предъявляемым к ним требованиям. Наибольшее распространение получили навесные пропашные культиваторы, предназначенные для рыхления почвы в междурядьях с одновременным уничтожением сорняков, часто в сочетании с другими операциями – подкормкой растений, нарезкой поливных борозд и частичным уничтожением сорняков в защитной зоне.

Из анализа обширного количества литературных источников следует, что современные рабочие органы и различные приспособления, выпускаемые промышленностью и находящиеся в стадии разработки и исследования, можно разделить на три основные группы: рабочие органы пассивного действия, ротационные и комбинированные.

В различных зонах нашей страны поверхностная обработка почвы в междурядьях осуществляется, в основном, машинами с пассивными рабочими органами, которые в различных сочетаниях оснащаются следующими рабочими элементами и приспособлениями: стрельчатými и рыхлящими лапами, зубовыми прополочными боронками, загортачами или отвальчиками и защитными приспособлениями (кожухами).

При обработке междурядий пропашных культур широкое распространение получили рабочие органы, выполненные в виде лап. В зависимости от назначения они подразделяются на следующие две группы:

1) лапы подрезные стрелчатой формы, односторонние лапы или бритвы, 2) лапы рыхлительные – узкие (долота), широкие для глубокого и среднего рыхления.

Сотрудниками УкрНИИРСГ, с учетом особенностей развития корневой системы культурных растений и глубины ее залегания в период вегетации разработана более совершенная конструкция плоскорежущего рабочего органа для дифференцированной обработке междурядий. Данный рабочий орган создан с регулируемым углом установки, которой обеспечивает переменную глубину рыхления по ширине междурядья. При этом угол наклона изменяется поворотом лапы со съемным носком на требуемую величину и фиксируется на ней заданном положении с помощью рифов, выполненных на прилегающих торцевых поверхностях стойки и носка [15,25].

Определенный интерес представляет конструкция рабочего органа пропашного культиватора, разработанного в Куйбышевском СХИ. Он включает стрелчатую лапу с измененной стойкой для предотвращения выноса влажных слоев почвы на поверхность. У этого органа осуществлена комбинированная рабочая поверхность. Такая поверхность отвечает всем требованиям, предъявляемым к поверхностям для скоростных режимов работы[11].

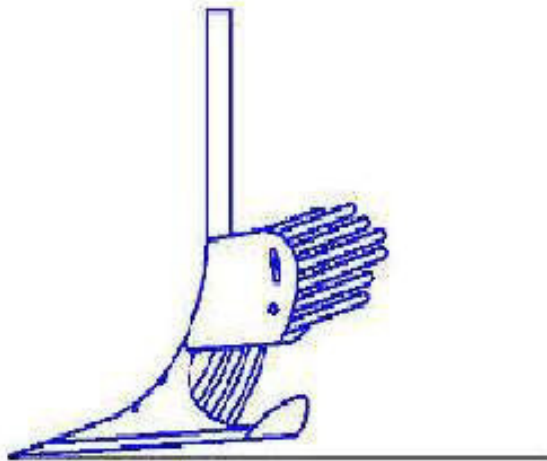
При работе так называемая активная поверхность обеспечивает дополнительное крошение пласта в момент нахождения его на рабочей части. Результаты исследований В.П. Гниломедова показали, что данный рабочий орган имеет меньшее тяговое сопротивление.

При скорости до 1,5 м/с тяговое сопротивление новой лапы на 30% ниже производственной [11].

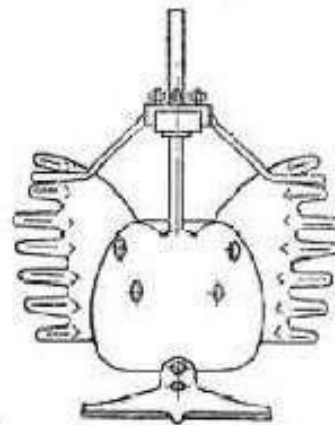
В Литовской СХА исследовано влияние односторонних лап с разными углами раствора на уменьшение величины защитной зоны при обработке

пропашных культур (при поступательной скорости агрегата от 0,5 до 3,0 м/с). В результате исследований установлено, что на обработке пропашных культур на повышенных скоростях сдвоенные односторонние лапы с углом раствора 65° и шириной захвата 380 мм показывают наилучшие результаты. При этом уменьшается число приживающихся сорняков, повышается качество рыхления почвы.

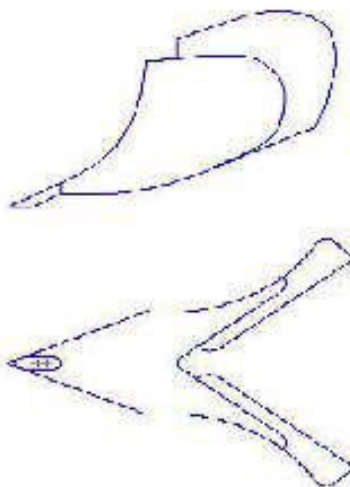
Известен также рабочий орган тракторного окучника с изменяемой геометрией отвала, включающий в себя носок, грудь и регулируемый отвал. Рабочий орган предназначен для окучивания картофеля и других культур с междурядьями в 60, 67,5 и 70 см, а также для нарезания гребней при гребневой культуре (рисунок 1.1).



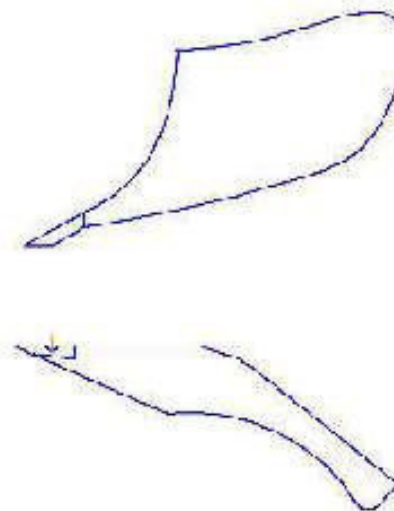
а) окучник с 2-х-сторонним
решетчатым отвалом



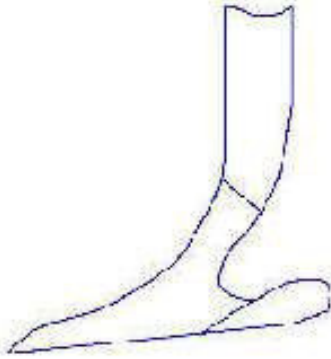
б) рабочий орган окучника



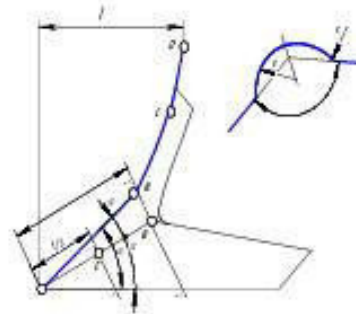
в) окучивающий корпус



г) окучник односторонний



д) А. С №1614767



е) универсальная стрелчатая лапа

Рисунок 1.1 – Схема существующих рабочих органов для обработки междурядий пропашных культур

Из анализа рассмотренных рабочих органов следует, что пассивные рабочие органы лапового типа сравнительно просты по конструкции и надежны в работе, но они не полностью удовлетворяют агротехническим требованиям. Так, при обработке тяжелых почв и засоренных междурядий обеспечивается недостаточное крошение пласта, образуется крупные комки, в которых сорняки остаются неповрежденными.

Промышленность страны много лет выпускает как дополнительные приспособления к пропашным культиваторам прополочные боронки КРН-38 (КЛП-38), предназначенные для обработки защитных зон и междурядий высокостебельных культур. Они устанавливаются на культиваторе после плоскорезющих рабочих органов.

Исследования показали, что прополочные боронки достаточно эффективно уничтожают сорняки. Оптимальная скорость с прополочными боронками составляет 2 м/с [16].

Результаты производственных испытаний показали, что такая конструкция рабочего органа позволяет несколько улучшить качество междурядий обработки с одновременным уничтожением сорняков в защитной зоне.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом механизации сельского хозяйства (ВИМ) созданы и проверены в производственных условиях универсальные зубовые рыхлители (УРЗ). Они предназначены для

междурядной обработки гребнистых посадок картофеля и гладких посевов кукурузы, кормовых бобов, овощей и других пропашных культур.

Из исследований следует, что универсальные зубовые рыхлители по качеству работы не уступают рабочим органам, рассмотренным выше [24].

Определенный интерес представляет рыхлитель для междурядий обработки, выпускаемой в Германии. Он состоит из отдельных секций, оснащенных гибкими пальцами, производящими рыхление почвы и вычесывание сорняков [14].

В качестве рабочего органа для междурядной обработки картофеля в Голландии применяются зубовые рыхлители, изготовленные из тонкой проволоки, которые шарнирно крепятся к культиватору. В междурядьях устанавливается жесткие прямые зубья круглого сечения.

Общим недостатком зубовых пропашных боронок и приспособлений являются забивание секций рабочих органов растительными и пожнивными остатками, они применяются в первой и во второй междурядной обработках, при этом увеличивается степень повреждения культурных растений, ограниченная высота обрабатываемых культур.

Наиболее эффективным и достаточно простым способом уничтожения сорняков в рядах и в защитной зоне является присыпание их почвой при помощи загортателей.

В последнее время в сельскохозяйственной практике стали применять загортатели различных конструкций, которые могут быть отнесены к трем основным типом: дисковому, отвальному и скребковому.

Отвальные загортатели КРН-52А и КРН-53А выпускаются промышленностью в комплекте с пропашными культиваторами. Предназначены для борьбы с сорняками методом присыпания. Они не делают глубокой борозды, а снимают тонкий слой почвы с междурядья и переносят его в рядок, засыпая мелкие сорняки.

В Сумской областной сельскохозяйственной опытной станции для присыпания сорняков в защитных зонах рядков во время последней междурядной обработки использовали отвальные загортатели, которые

изготавливаются креплением щитков из листовой стали толщиной 2...3 мм к односторонним лапам-бритвам или долотообразными лапами. Исследования, проведенные сотрудниками этой станции, показали, что при скорости движения агрегата 2...2,5 м/с отвальные загортачи присыпают в рядках до 90% сходов сорняков [28].

В Запорожеской области применялись дисковые загортачи, изготовленные механизаторами хозяйства. Они состоят из стойки (сечением 45x14 мм и длиной 165 мм), к которой приварено Г-образные ось таким образом, чтобы угол между отогнутой ее горизонтальной частью и направлением движения агрегата составлял 60°. На оси загортача установлена ступица с диском

Дисковые загортачи эффективнее отвальных, так как они на 10...15% больше уничтожают сорняков на тех же режимах работы. Их устанавливают под углом 30° к направлению движения агрегата и на расстоянии 20 см от оси рядка, с глубиной хода 5...6 см. При этом валик из почвы достигает высоты 7...8 см [16,17].

Для работы на повышенных скоростях движения агрегата промышленность, как дополнительное оборудование к пропашному культиватору, поставляет отражательные щитки КРН-29, которые применяются для защиты культурных растений от присыпания почвой и при работе агрегата на повышенных скоростях движения.

В процессе исследования установлено, что при работе культиватора с отражательными щитками удается снизить количество присыпанных растений до 0,5%.

Одесские механизаторы разработали и изготовили защитные приспособления дискового типа. Диск диаметром 300 мм свободно вращается на горизонтальной оси, к концу которой приварен держатель для закрепления на стойке лапы и регулирования по высоте. На пропашной культиватор КРН-4,2 устанавливаются 12 защитных дисков таким образом, чтобы кромка диска касалась почвы. При этом уменьшаются подрезание и присыпание культурных растений.

Из изложенного следует, что защитные приспособления позволяют повысить скорость агрегата и, следовательно, при этом повышается его производительность. Однако, наряду с преимуществами, у таких рабочих органов имеются и недостатки: увеличивается ширина необходимой защитной зоны, уменьшаются качественные показатели обработки, иссушается поверхность междурядья [20,24].

Общими недостатками всех пассивных рабочих органов и приспособлений являются: неполное рыхление и уничтожение сорняков в защитной зоне, повреждение культурных растений, значительное иссушение поверхности почвы, металлоемкость и энергоемкость большинства из них очень высоки, поэтому каждый из известных приспособлений имеет ограниченную область применения.

В последние годы большое внимание уделяется созданию и использованию на междурядной обработке пропашных культур машин с ротационными рабочими органами, которые обладают рядом весьма важных преимуществ по сравнению с другими конструкциями.

Исследованию процесса обработки почвы в междурядьях и борьбе с сорняками в защитных зонах с применением ротационных рабочих органов, применительно к различным почвенно-климатическим условиям, посвящены работы П.М. Василенко, Ф.М. Канарева, Ю.К. Киртбая, Н.Б. Бока, В.А. Сергиенко и многих других.

Обоснованием параметров и режимов работы ротационных органов культиватора-рыхлителя занимались Е.П. Яцук, П.П. Карпуша, А.С. Кушнарев, Н.В. Даценко, И.М. Панов, Н.В. Тудель, Н.В. Чайчиц, В.И. Тараник, П.Г. Хабрат, А.Ф. Семин и др.

Исследования В.С. Соколова, М.В. Сабликова, И.Б. Ревута, З. Рюбензама, Х.И. Иргашева, Р.Ф. Зиязетдинов и др. посвящены изучению вопросов технологии и агротехнической оценки работы таких машин и орудий.

Выполненными исследованиями установлено, что высокое качество рыхления почвы в междурядьях и полное уничтожение сорняков в защитных

зонах достигаются при использовании ротационных рабочих органов, которые дают возможность полнее решать задачи комплексной механизации рабочих процессов по уходу за пропашными культурами.

Для обоснованного выбора рациональных видов рабочих органов и наиболее эффективного способа обработки и уничтожения сорняков необходимо изучить конструктивные особенности существующих орудий и принципы их взаимодействия с почвой.

Оригинальными по своей конструкции являются выпускаемые промышленностью ротационные игольчатые диски КЛТ-28, которые представляют собой диски диаметром 400 мм. Каждый диск имеет зубья толщиной по 10 мм. Два диска с помощью вертикальной стойки-рамки крепятся в подвижном звене держателя и устанавливаются на конце каждой секции культиватора.

При движении агрегата диски катятся по защитной зоне и зубьями разрушают почвенную корку, одновременно выдергивают корешки не укрепившихся сорняков.

Результаты испытаний, проведенных в Краснодарском НИИСХ П.А. Щербиной, показали, что указанные рабочие органы достаточно хорошо уничтожают сорную растительность в защитных зонах при незначительном повреждении культурных растений и повышают урожай кукурузы в початках в среднем на 4...6 центнера.

В Мелитопольском ИМСХ разработан и исследован ротационный игольчатый диск, установленный под острым углом к направлению движения. Этот рабочий орган, аналогично к предыдущему, представляет диск диаметром 450 мм. Многолетними исследованиями было установлено, что оптимальным являются положительные углы раствора в пределах $20...25^\circ$ и отрицательные $-10...-15^\circ$. Наилучшие результаты по уничтожению сорняков показали игольчатые диски с положительным углом раствора [16].

Учитывая меньшую металлоемкость и более высокое качество работы игольчатого диска, установленного под острым углом к направлению

движения агрегата, следует отдать ему предпочтение по сравнению с игольчатыми дисками типа КЛТ-28.

Определенный интерес представляет ротационная мотыга, разработанная и исследованная Н.В. Чайчиц. Диски диаметром 450 мм оснащены радикально-прямыми зубьями, высотой 30...80 мм. Угол установки зубьев к вертикали составляет 14...16°. А шаг их находится в пределах 87...116 мм.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований ротационных мотыг были сделаны следующие выводы. Ротационные мотыги обеспечивают хорошо выровненный взрыхленный слой и с ростом скорости движения качество рыхления улучшается, степень уничтожения сорняков находится в пределах 34...78%, несколько снижается повреждение культурных растений [5].

Рассмотрение наиболее характерных конструкций игольчатых дисков, а также анализ проведенных исследований в этом направлении позволяют выделить их положительные качества. Вместе с тем можно отметить их существенные недостатки: снижение степени повреждения культурных растений этими орудиями достигается увеличением ширины защитной зоны, неравномерная глубина обработки почвы сохраняется по всей ширине междурядья.

Оригинальностью своей конструкции отличается разработанный В.И. Тараниным ротационный рабочий орган, выполненный в виде зубовых гребенок для обработки защитных зон [2].

На наклонной оси установлен свободновращающийся разъемный дисковый держатель зубьев. Держатель выполнен из двух отдельных частей. К верхней части приварен обод из круглого металла, а к нижней части – обод из полосовой стали с отверстиями, в которые вставляются и между указанными частями держателя закрепляются зубья. Соединение стойки с осью дискового держателя посредством шарнира используется для изменения положения рабочих органов относительно рядка.

Результаты сравнительных испытаний рабочих органов дали возможность установить некоторые недостатки в его работе: на малых скоростях движения он не присыпает и не вырывает стебли сорных растений из почвы. Здесь также следует отметить, что рабочий орган с выбранной зубовой гребенкой обрабатывает почву в междурядьях более выровнено и более качественно по сравнению с пропашными боронками КЛТ-38.

По конструкции и принципу работы близок к предыдущему роторный конус, который состоит из рабочих и движительных пальцев, корпуса с фланцем, вертикального вала, шарового шарнира и стандартной стойки, закрепляющиеся в кронштейне каретки культиватора. Величина заглубления пальцев конуса регулируется вертикальным перемещением стойки в кронштейне. Шаровой шарнир служит для установки конуса под различными углами.

При поступательном движении агрегата роторный конус вращается под действием крутящего момента, возникающего от силы сцепления движительных пальцев с почвой, а рабочие пальцы, вращаясь вокруг своей оси, срезают сорные растения.

Исследованиями Д. Михайлова и др. установлено, что при наружном диаметре конуса, равном 450 мм, угол между двумя соседними рабочими пальцами должен составлять 18° а между двумя движительными пальцами – 36° . Такое расположение пальцев на переувлажненных почвах позволяет избежать их забивания, обеспечивает уничтожение сорняков и рыхление междурядий с уменьшением величины защитной зоны.

Ротационный рабочий орган культиватора-рыхлителя по А.С. № 379225 представляет собой наклонную ось, на которой закреплены крыльчатки, выполненные в виде вертикально установленных гребенок, а зубья имеют различную длину, которая уменьшается от оси вращения рабочего органа [17].

За счет применения зубьев переменной длины уменьшается повреждение корневой системы культурных растений и увеличивается глубина зоны обработки почвы в междурядьях.

Заслуживает внимания ротационный рабочий орган культиватора-рыхлителя по А.С. № 211180. Он состоит из крыльчатки, выполненный в виде многопальцевой звездочки с пальцами круглого сечения, имеющими на концах лопатки, а ниже опорных поверхностей пальцев натянута проволока. Для натяжения проволоки на оси звездочки установлен винтовой регулятор. Такая конструкция рабочего органа позволяет уменьшить засыпание культурных растений почвой и снизит их повреждение.

В заключение следует отметить, что опыты многих исследователей подтверждают наибольшую перспективность применения ротационных рабочих органов. Однако из-за несовершенства конструкции таких органов повреждение культурных растений все еще велико. Поэтому приходится увеличивать ширину защитной зоны, что приводит к возрастанию необработанной площади около растений. Все это создает неблагоприятные условия для роста и развития культурных растений, приводит к уменьшению урожайности возделываемых культур [18,26].

Прогрессивным направлением в развитии средств механизации для междурядной обработки пропашных культур является применение комбинированных рабочих органов, позволяющих в одном технологическом процессе совмещать выполнение нескольких операций: рыхление поверхности почвы, уничтожение сорняков, обработку защитных зон и т.д.

Как было отмечено выше, применяемые при проведении междурядных обработок пропашных культур рабочие органы пассивного типа – стрельчатые лапы и односторонние бритвы не обеспечивают получение необходимого качества крошения и некоторых других показателей. Поэтому на практике стало широко использовать различные комбинации рабочих органов с целью улучшения качественных показателей их работы и более полного выполнения агротехнических требований на указанный рабочий процесс.

Вопросы обработки почвы междурядий комбинированными рабочими органами изучались многими исследователями [13,27].

Так, в Кишиневском СХИ был разработан и исследован комбинированный рабочий орган лапового типа, который состоит из верхней плоскорежущей лапы шириной захвата 400 мм и нижней лапы – почвоуглубителей. Стойка верхней лапы имеет тупой угол вхождения в почву, а почвоуглубителя – острый. Угол крошения почвоуглубителя регулируется в пределах $8...20^\circ$ в зависимости от твердости почвы при помощи регулировочных винтов. Ширина захвата почвоуглубителя выбирается с учетом устойчивости хода рабочего органа по глубине и рыхления максимально возможной площади сечения междурядий.

В результате исследований установлено, что применение такого комбинированного рабочего органа обеспечивает удовлетворительное подрезание сорняков и рыхление верхнего слоя почвы без образования глыб.

Интерес представляет комбинированный рабочий орган по А.С. № 728744, состоящий из стойки подрезающим ножом. Последний снабжен пальцевым диском, который установлен на вертикальной оси с возможностью свободного вращения.

При движении плоскорежущего рабочего органа в слое почв подрезающий нож рыхлит почву и подрезает сорняки в междурядий. За счет сопротивления почвы пальцевой диск вращается, разрыхляя почву и нарушая корневую систему сорняков в защитной зоне.

Для обработки тяжелых почв в НИИ агролесомелиорации разработан рабочий орган культиватора-рыхлителя А.С. № 409662, который содержит вал с щелерезом-рыхлителем, крыльчатку и радиальные спицы с установленными на них зубчатыми дисками. При работе культиватора рабочий орган вращается от сцепления с почвой, а щелерез-рыхлитель подрезает щель, разрушая почву на ее стенках. Зубчатые диски измельчают слой почвы, производят ее интенсивное рыхление и уничтожение сорняков.

Рассмотренные выше комбинированные рабочие органы плоскорежущего типа, наряду с преимуществами, имеют также ряд существенных недостатков, которые заключаются в следующем: при обработке засоренных участков не полностью уничтожаются сорная

растительность и, следовательно, происходит забивание рабочих органов, а это, в свою очередь, приводит к повышению тягового сопротивления культиватора.

Для обоснованного выбора рациональных видов рабочих органов целесообразно рассмотреть конструктивные особенности существующих ротационных органов, которые применяются с плоскорежущими лапами и бритвами.

В Северо-Западной зоне при уходе за гребневыми посадками пропашных культур применяются комбинированные машины, состоящие из ротационных универсальных борон БРУ-0,7 и стрельчатых лап. Каждый ротор бороны состоит из конической и сменной цилиндрической частей с установленными на них 72 круглыми зубьями длиной от 46 до 60 мм.

Конструкция крепления осей роторов к кронштейну позволяет изменять угол атаки от 0 до 30° и угол наклона осей в вертикальной плоскости – до 15° вверх и вниз. При работе такого агрегата роторы вращаются за счет сцепления их зубьев с почвой.

По данным ряда исследователей установлено, что использование комбинированного рабочего органа БРУ-0,7 позволяет повысить производительность агрегата, увеличить степень крошения почвы и уничтожения сорняков в обрабатываемых междурядьях.

Вместе с тем этот рабочий орган используется только для обработки гребней.

Оригинальный по своей конструкции является пропашный ротационный борона, разработанная в Северо-Осетинском сельскохозяйственном институте представляющая собой дальнейшее развитие комбинированных рабочих органов ротационного типа.

Она состоит из стойки с осью, отогнутой от вертикали на угол в 15°. Форма ее круглая, и по кругу закреплены на ступице рабочие элементы – зубья. Последние представляют собой жесткие элементы Г-образной формы, рабочая часть которых плоская, с радиально направленными плоскостями и расположена под углом 105...107° к поверхности диска ступицы.

На основании анализа работы комбинированных рабочих органов следует указать, что они являются перспективными с точки зрения более полного удовлетворения требований, предъявляемых агрономической наукой к междурядной обработке пропашных культур. Однако известные конструкции комбинированных органов, в силу ряда причин как конструктивного, так и технологического характера, не нашли пока широкого внедрения в производство.

Разработка и широкое применение ротационных и комбинированных рабочих органов, а также создание на их основе перспективных почвообрабатывающих машин является реальной основой существенного повышения производительности труда и эффективности сельскохозяйственного производства в целом. Однако широкое внедрение в производство новых, прогрессивных приемов ухода за растениями и способов обработки почвы в междурядьях пропашных культур сдерживается отсутствием перспективных машин с комбинированными рабочими органами. Это положение наглядно подтверждается и наличием многочисленных конструктивных решений рабочих органов культиваторов и большого количества всевозможных приспособлений. Об актуальности рассматриваемой проблемы свидетельствует и то, что к настоящему времени уже выполнено большое количество весьма глубоких исследований с целью получения рациональных решений поставленного вопроса.

Как известно, весьма важной основой формирования высоких урожаев пропашных культур является своевременное проведение комплекса технологических операций на основе их рационального совмещения. Наиболее приемлемым с точки зрения накопления влаги в корнеобитаемом слое почвы является поддержание ее в рыхлом и мелкокомковатом состоянии и при полном отсутствии сорных растений. Причем такое состояние почвы должно быть сохранено по всей ширине междурядий, в том числе и в защитных зонах.

В качестве второго, очень важного требования агротехники выступает недопустимость повреждения при механической обработке как корневой

системы культурных растений, так и их наземных органов. Кроме того, все технологические операции по уходу за растениями должны быть проведены современно и в сжатые сроки, что возможно только при высокой производительности машинных агрегатов.

Как следует из изложенного, агротехнические требования, предъявляемые к выполнению комплекса операции междурядной обработке пропашных культур, является по сути противоречивыми и не могут быть полностью выполненной при использовании существующей системы машин. Так, всякая попытка уничтожения сорняков механическим способом в защитной зоне междурядий неизбежно приводит к увеличению повреждения надземной части культурных растений и их корневой системы. Аналогичная картина наблюдается и при увеличении поступательной скорости агрегата, так как при этом резко возрастают скорости трения, возникающие в зоне контакта рабочих органов с растениями, которые способствуют неизбежному поражению или травмированию последних. Кроме того, при обработке междурядий на повышенных рабочих скоростях имеет место засыпания почвы культурных растений, что не допустимо, особенно при первых обработках в целях предотвращения этого явления на практике широко используется различного типа защитные приспособления, изготовленные на местах механизаторами. Однако известные разработки таких устройств не удовлетворяют поставленным задачам, усложняют конструкцию и снижают надежность работы культиваторов.

Весьма существенным недостатком известных рабочих органов лапового типа является недостаточное крошение снимаемого пласта, в результате сорные растения, размещены в отдельных комках почвы, очень быстро приживаются, что резко снижает эффективность междурядий обработки. Кроме того, всякая попытка уменьшения ширины защитной зоны также приводит к нежелательному повреждению боковых корней культурных растений.

Таким образом, существенным резервом повышения эффективности механической обработки почвы в междурядьях пропашных культур является уменьшение ширины защитной зоны или полное исключение приема

оставления такого необработанного участка возле растения. Однако успешное решение этой задачи возможно только при исключении явления повреждения корневой системы растений, т.е.:

- когда рыхлящие органы обрабатывают поверхность почвы с учетом особенности расположения корневой системы растений в этом слое;
- при тщательном измельчении «прочесывании» верхнего слоя обработанной почвы с целью вытаскивания корней о отдельных элементах сорных растений на дневную поверхность;
- при небольших скоростях перемещение рыхлящих элементов орудия относительно различных органов культурных растений.

Если первые два условия относительно легко могут быть выполнены путем сообщения сложного движения в пространстве элементам рыхлящего органа по специальным траекториям, то третья условия выполнимы только при перемещении их по законам вращательного движения.

Как известно из механики, скорость точки касания окружности обода ротационного органа с прямой, по которой она перекатывается без скольжения и буксования, равна нулю. Следовательно эта точка является мгновенным центром вращения окружности обода ротационного органа. Если прямая, на которой размещаются мгновенные центры вращения точек обода ротационного органа, совпадает или проходит вблизи ряда культурных растений, то относительные скорости взаимодействия указанных точек с элементами самого растения или же с его корнями, при конкретных условиях вращения, будут близки к нулю. В случае размещения элементов рыхлящих органов в этой зоне (в зоне расположения мгновенных центров вращения точек обода) скорость воздействия их на корневую систему культурных растений также будут незначительными, следовательно, и повреждения их при обработке будут незаметными, без вредными для них. При этом отпадает необходимость оставления необработанных участков (защитных зон) вдоль рядков растений. По мере отдаления от ряда культурных растений скорости точек обода ротационного органа будут

возрастать, что в свою очередь приведет к увеличению степени воздействия их на почву и корни сорных растений.

Таким образом, возникает необходимость разработки и создания такого рабочего органа, принцип действия которого удовлетворял бы всем требованиям агротехники и технологии рабочего процесса, биологическими потребностями культурного растения. В качестве такого орудия может быть использован рабочий орган ротационного типа, совершающий сложные движения в пространстве по заданной траектории на основе использования реактивных сил почв. Причем качество обработки почвы таким орудиям не должно ухудшаться с увеличением рабочих скоростей агрегата, а технологические регулировки и кинематика движения рыхлящих элементов должны оставаться постоянными при изменении свойств почв и степени засоренности междурядий.

Комбинированный рабочий орган пропашного культиватора, в частности, дисковый рабочий орган окучника, разработанный с учетом выше приведенных условий наиболее полно удовлетворяет предъявляемым требованиям и оказывает благоприятные воздействия на растения, почву и окружающую природную среду. Конструкция нового рабочего органа окучника признана изобретением, что подтверждается Патентом РФ № 144421.

1.3 Классификация рабочих органов окучников

В последние годы большое внимание уделяется междурядной обработке почвы. Использование междурядной обработки стремительно уменьшает затраты энергии, труда и времени, а, кроме того, уменьшает вредоносное воздействие механической обработки на структуру почвы [40]. Поэтому глубокое изучение рабочих органов машин междурядной обработки почвы предполагает равно как общетеоретическую, так и практическую заинтересованность.

Как известно, одним из перспективных рабочих органов пропашных культиваторов с целью осуществления (выполнения) междурядной обработки почвы являются ротационные дисковые рабочие органы

окучников, которые характеризуются огромным многообразием конструкций. С целью аргументированного подбора таких рабочих органов нужна их классификация согласно главным аспектам выполнения научно-технического процесса и конструктивно-кинематическим особенностям. Подобная систематизация рабочих органов согласно значимым признакам должна быть в основе их классификации. Разработка такой классификации рабочих органов создает аппарат, удобный для применения ЭВМ, способствует более глубокому решению задач синтеза и анализа.

Существующие классификации по ограниченным признакам могут решать только единичные задачи, однако не предоставляют возможности охватить все без исключения сочетания признаков, подходящих с целью синтеза, рассмотрения и проектирования новейших почвообрабатывающих машин и орудий.

Вышеизложенные задачи способна реализовать структурно-морфологическая классификация систематизации рабочих органов согласно достаточно небольшому количеству признаков, которые подробно описаны в следующем труде [6].

Кроме того, применение такой системы классификации дает возможность кодировать цифрами десятичной системы все многообразие свойств (признаков) рабочих органов.

Поэтому научная классификация рабочих органов окучников разработана на основании проведенного структурно-морфологического анализа ротационных рабочих органов окучников, которая приводится в труде [5].

Как следует из обзора существующих классификаций рабочих органов пропашного культиватора, в частности рабочих органов окучников, они характеризуются большим разнообразием конструкции рабочих органов, значительно отличающихся как по принципу действия, так и по устройству. Для более обоснованного выбора перспективных рабочих органов окучников необходима их систематизация по основным критериям выполнения технологического процесса и конструктивных особенностей. При этом в

общем случае рабочие органы окучников пропашного культиватора образуют три основные группы: пассивные, ротационные и комбинированные.

В связи с этим классификацию рабочих органов окучников рассматривают по способу разделения почвы в междурядьях. Рабочий орган окучника по конструкции выполнен на основе различных способов воздействия на почву в междурядьях. В Казанском ГАУ разработаны лопово-решетчатые и вальцово-гребенчатые рабочий орган окучника с пассивным и активным воздействием на почву.

К признакам пассивных рабочих органов окучника относятся: клиновидное нижнее подрезание, подъем, перемещение, разделение, крошение, сепарирование, засыпка рядков, срезание и засыпка сорняков, дополнение гребней и доработка стенок борозды.

К признакам ротационных рабочих органов окучника относятся: элементное подрезание с середины междурядья сверху вниз, частичное крошение, перемещение, сепарирование, подъем, выталкивание и засыпание сорняков и гребней.

Разработанная нами (на основе вышеуказанных признаков и комбинаций) классификация рабочих органов окучников пропашного культиватора может служить основанием как при изучении конструкций этих органов, так и при определении основных направлений в их развитии.

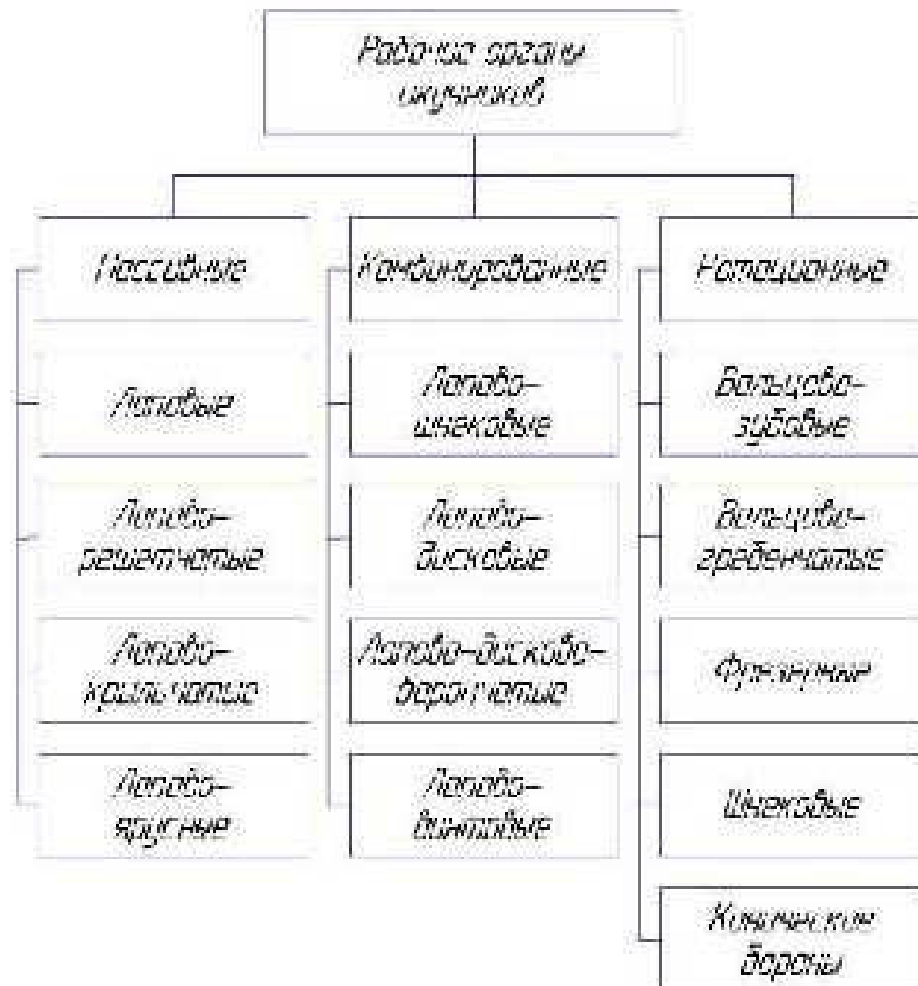


Рисунок 1.2. -Классификация рабочих органов окучников

Поэтому возможен анализ потенциала их влияния на обрабатываемую среду с учетом агротехнических требований и выработка оптимального подбора конструкции с целью определенных условий работы. Кроме того, предложенная классификация послужит основанием для дальнейшего исследования конструкций подобных рабочих органов.

1.4 Состояние исследований машин для междурядной обработки почвы

Научные труды многих исследователей подтверждают факт, что комбинированные орудия с пассивными и ротационными рабочими органами являются наиболее перспективными из всего многообразия подобных культиваторов, где основу всех рабочих органов составляет вали. Поэтому сначала рассмотрим некоторые существующие теоретические исследования дисковых рабочих органов, от параметров которых зависят их технологические и энергетические показатели. Важнейшим из них является

диаметр, который в зависимости от назначения определяется по-разному [54,60]. Так диаметр дискового ножа плуга определяется по выражению:

$$D = 2(a + \Delta l + \frac{d}{2}), \quad (1.1)$$

где a – глубина хода ножа, Δl – запас на микрорельеф почвы, равный 10...20 мм, d – диаметр фланца диска, равный 100 мм

При этом, учитывая заданную глубину обработки почвы a , диаметр диска определяется по формуле [7,19]:

$$D_a = k \cdot a, \quad (1.2)$$

где k – коэффициент, зависящий от тяжести условий работы (для плуцельников $k = 5 \dots 6$, борон $4 \dots 6$, дисковых ножей плугов $3 \dots 3,5$).

В другом случае диаметр сферических дисков рекомендуется определять по формуле:

$$D = 2a \left(\frac{d}{2a} + 1 + \operatorname{tg}^2 \tau + \operatorname{tg} \tau \sqrt{\frac{d}{a} + 1 + \operatorname{tg}^2 \tau} \right), \quad (1.3)$$

где τ – угол, определяющий характер возмущения почвы.

Из анализа вышеуказанных и других зависимостей следует, что многие из них не учитывают скорость поступательного движения агрегата, углы атаки и наклона диска, а также физико-механические свойства почвы.

В связи с этим следующий автор П.И. Макарова, аналитически решая эту задачу, получил выражение для определения диаметра сферического дискового органа в таком виде [15]:

$$D = 2 \cdot \operatorname{seca} \cdot \cos \beta \sqrt{a^2 \cdot \cos^2 \alpha + b^2} + d, \quad (1.4)$$

где d – минимальный диаметр параллелей дополнительного органа.

Как видно из полученных формул 1.3 и 1.4, диаметр (комбинированного органа) находится в зависимости от размеров пласта, окружающей и поступательной скорости, углов установки, а, кроме того, физико-механических свойств почвы.

Как было отмечено выше, теоретическому и экспериментальному рассмотрению пассивных вырезных дисков (плоских, сферических, конических) посвящено много исследований, где указывается их

значительное преимущество перед сплошными и коническими дисками с точки зрения уменьшения тягового сопротивления, отброса почвы и уплотнения агротехнических показателей работы дисковых почвообрабатывающих машин. Среди этих работ интерес представляют теоретические исследования Г.Р. Муртазина и Г.Ф. Ярославлева [60,115].

Так Г.Р. Муртазиным диаметр сферического диска определяется, исходя из основных параметров, характеризующих движение почвы по поверхности рабочего органа в следующем виде:

$$D = -\frac{c_1}{2a} + \sqrt{\frac{c_1^2}{4a_1^2} - 4X_0 + 4N}. \quad (1.5)$$

Анализ полученных уравнений (по выводам исследований автора) показывает, что диаметр бороздообразующего сферического органа в значительной степени зависит от глубины обработки почвы и незначительно от радиуса кривизны диска и углов α и β .

Учитывая некоторые предпосылки и рассматривая процесс взаимодействия зубчатого клина простейшей формы с почвой, также из условия, гарантирующего отсутствие отскакивания семян при падении на дно борозды [15], Г.Р. Муртазиным высота зуба определяется из выражения [60]:

$$h_3 = \frac{r_3}{k \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1}, \quad (1.6)$$

где r_3 – радиус наибольших групп семян, δ – угол резания зубчатой режущей кромки, δ_1 – угол между нормалью к стенке борозды в рассматриваемой точке и вертикальной осью.

Ширина у вершины зуба дискового органа определяется из теории разрушения почвы по следующей зависимости

$$B_3 = \frac{2r_3 \cdot \operatorname{tg} \psi'_{\tau}}{\sin c \cdot \cos \delta_1}, \quad (1.7)$$

где ψ'_{τ} – значение удвоенного угла бокового скалывания почвы, c – угол между вектором $\overline{V}_a$ и касательной линией к режущей кромке.

Расстояние между соседними зубьями находится по выражению [6]:

$$B_B = 2h_r \cdot \operatorname{tg} \frac{\psi_r}{2} \cdot \frac{1}{\sin \varepsilon}, \quad (1.8)$$

где h_r — размер гребешка над дном борозды.

Число зубьев дискового органа определяется как:

$$n_2 = 180 / \arccos \frac{B_A + B_B}{D}. \quad (1.9)$$

При этом автором сделан вывод о том, что полученные теоретические зависимости позволяют проектировать зубчатую режущую кромку сферического бороздообразующего органа, которое сводится к расчету их основных размеров и конструктивному выполнению.

Однако такой подход к решению данной задачи и полученные зависимости справедливы лишь для дисковых рабочих органов, имеющих зубья трапецидальной и тому подобной простейшей формы, а не для зубьев, где режущее лезвие выполнено по какой-то сложной кривой (например, по участкам логарифмической спирали, по дуге эллипса и т.п.).

В этом отношении большой интерес представляют теоретические и экспериментальные исследования Г.Ф. Ярославлева [15] по определению формы и параметров лезвия зуба дискового органа, где режущее лезвие выполнено по кривой логарифмической спирали. Уравнение логарифмической спирали в полярных координатах имеет вид:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{\gamma \operatorname{tg} \varphi'}, \quad (1.10)$$

где ρ и ρ_0 — соответственно, текущее и начальное значение радиус-вектора при $\gamma=0$; γ — переменный полярный угол в любой точке спирали и перпендикуляром к радиус-вектору, e — основание натурального логарифма; φ' — угол между касательной в любой точке спирали и перпендикуляром к радиус-вектору, град.

В принятой системе координат кромка лезвия зуба (РМ) описывается уравнением [5,15]:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{f(\alpha_1 + \frac{2\pi}{z})}, \quad (1.11)$$

где z — количество зубьев.

Поэтому рассмотрим зубчатый дисковый орган при движении его в пространственной системе координат $OXYZ$. Согласно рисунку 1.3, запишем зависимость для определения числа зубьев диска:

$$Z = \frac{2\pi \cdot R}{\gamma_3 \cdot R} = \frac{2\pi}{\gamma_3}, \quad (1.12)$$

где R – радиус диска, γ_3 – центральный угол между концами смежных зубьев.

Для определения угла γ_3 запишем равенство:

$$\gamma_3 - \gamma_2 = \frac{b}{R} \quad \text{или} \quad \gamma_3 = \frac{b}{R} + \gamma_2, \quad (1.13)$$

где b – ширина конца одного зуба (задается сл);

γ_3, γ_2 – центральный угол ширины и конца зуба.

Для конца зуба справедливо равенство:

$$R = \rho_0 \cdot e^{f(\gamma_2 + \frac{2\pi}{z})}$$

Отсюда находим центральный угол $\gamma_2 \ln R = \ln \rho_0 + f(\gamma_2 + \frac{2\pi}{z})$,

$$\text{или} \quad \frac{1}{f} \ln \frac{R}{\rho_0} = \gamma_2 + \frac{2\pi}{z}, \quad \text{тогда} \quad \gamma_2 = \frac{1}{f} \ln \frac{R}{\rho_0} - \frac{2\pi}{z}. \quad (1.14)$$

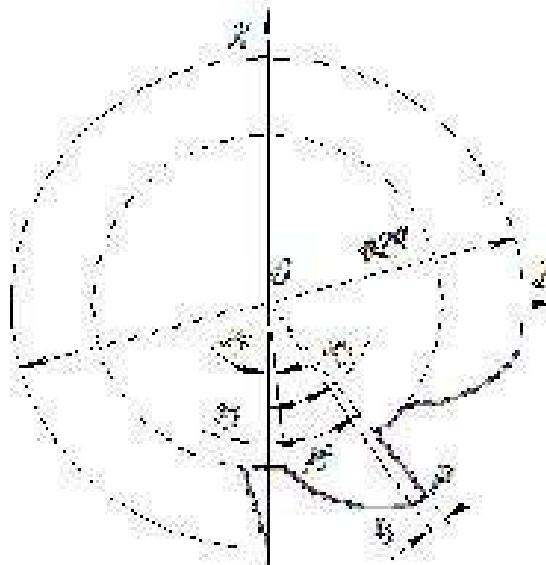


Рисунок 1.3 – К определению числа зубьев дискового органа

Подставляя значение (1.14) в уравнение (1.13), находим

$$\gamma_2 = \frac{b}{R} + \frac{1}{f} \ln \frac{R}{\rho_0} - \frac{2\pi}{z}. \quad (1.15)$$

Теперь, подставляя значение (1.16) в уравнение (1.13), напишем

$$z\left(\frac{b}{R} + \frac{1}{f} \ln \frac{R}{\rho_0} - \frac{2\pi}{z}\right) = 2\pi \quad \text{или} \quad z\left(\frac{b}{R} + \frac{1}{f} \ln \frac{R}{\rho_0}\right) = 4\pi.$$

Из этой зависимости получим уравнение для определения количества зубьев дискового органа [15].

$$Z = \frac{4\pi}{\frac{b}{R} + \frac{1}{r} \ln \frac{R}{\rho_0}}, \quad (1.16)$$

$$\text{где } \rho_0 = \frac{R \sqrt{\lambda^2 - 2\lambda\psi \sin \psi + \psi^2}}{\lambda \cdot e^{\psi \operatorname{ctg} \varphi_0}}$$

Глубину выреза между зубьями диска, от которого зависит высота остаточного гребешка почвы, будет выражать значение аппликаты Z (с учетом угла наклона диска к вертикали). Зависимость для его определения запишется в следующем виде [15].

$$h_r = R \cos \beta - \rho_i \cos \beta = (R - \rho_i) \cos \beta,$$

или подставляя значение ρ_i , получим уравнение наибольшей глубины выреза между смежными зубьями в виде:

$$h_r = (R - \rho_0 \cdot e^{\frac{\pi}{2}}) \cos \beta. \quad (1.17)$$

Анализируя уравнение (1.17) и процесс движения зубчатого диска в почве следует отметить, что высота гребешка, образуемого зубьями диска, будет зависеть от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы.

Поэтому весьма перспективным (актуальным) является исследование комбинированных рабочих органов окучников с оригинальной рабочей поверхностью и зубчатой режущей кромкой.

1.5. Выводы и заключения по разделу

Проделанный анализ конструкций (культиваторов) для междурядной обработки почвы и их рабочих органов свидетельствует о том, что более перспективными с точки зрения исполнения агротехнических условий (требований), и конструктивной компоновке, считаются рабочие органы окучников, с зубчатым лезвием (режущей кромкой) и криволинейной формой рабочей поверхностью с лотками, способствующей плавному перемещению почвы к рядам растений.

Многими авторами в научных трудах подчеркивается актуальность исследования материалов по обоснованию и созданию новейших

конфигураций рабочих органов, с рациональными рабочими элементами (поверхностей и режущих кромок). Наиболее перспективным направлением в развитии новейшей формы рабочего органа следует рассматривать ротационный (дисковый) рабочий орган окучника, способный устранить минусы существующих: неравномерность хода по глубине, рост тягового сопротивления, забивание почвой растительными остатками и выворачивание на поверхность нижних увлажненных слоёв почвы. При этом одним из решений данной проблемы считают создание комбинированных машин, одновременно выполняющих ряд операций (рыхление, выравнивание, уничтожение сорняков и др.), а также сокращающих неоднократные проходы машин (агрегатов), которые чрезмерно уплотняют почву.

Принимая во внимание вышеуказанные положения, была сформулирована цель данной работы – обоснование, разработка и исследование дискового рабочего органа окучника.

С учетом вышеизложенного и, исходя из поставленной цели, сформулированы следующие задачи исследования:

1. На основании проведенного анализа состояния вопроса разработать конструкцию дискового рабочего органа для междурядной обработки почвы.
2. Изучить, проанализировать теоретические основы технологического процесса междурядной обработки почвы, а также обосновать и определить формы рабочих элементов и конструктивные параметры дискового рабочего органа окучника.
3. Провести исследования дисковых рабочих органов окучника в лабораторных условиях.
4. Дать технико-экономическое обоснование использованию экспериментального культиватора (окучника) и рекомендации по производству.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОКУЧНИКА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

2.1 Конструктивно-технологическая схема дискового рабочего органа окучника для междурядной обработки почвы

Устройство предназначено для междурядной обработки почвы и относится к сельскохозяйственному машиностроению.

Комбинированный культиватор предусмотрен для рыхления, окучивания, уничтожения сорняков на дне борозды и засыпания почвы сорных растений в защитных зонах при междурядной обработке картофеля и других культур.

К основным требованиям разработке относится – снижение тягового сопротивления культиваторов и улучшения качества междурядной обработки.

Данное орудие (комбинированный рабочий орган для междурядной обработки почвы) имеет преимущество в том, что оно обладает меньшими тяговыми сопротивлениями, компактность рабочих органов, низкая энергоемкость, также облегчает эксплуатацию культиватора на более высоких скоростях. По сравнению с существующими органами, позволяет качественно обрабатывать почву в междурядьях, что способствует более дружному развитию растений, также значительно снизить энергетические затраты на междурядную обработку почвы.

Существующие аналоги не в полной мере обеспечивают выполнение требований технологического процесса междурядной обработки.

Кроме того, данные окучники и бороздорежущие корпуса несколько подобны сдвоенному корпусу плуга. Поэтому они не способны уменьшить иссушение почвы, так как не исключено переворачивание пласта и вынос нижних слоев почвы на дневную поверхность.

Данный комбинированный рабочий орган обладает принципиально новым воздействием его на обрабатываемую среду. Поверхность

обработанной почвы отличается высоким качеством обработки, что обеспечивает создание оптимальных условий для развития семян и роста растений.

Поставленная цель достигается совмещением процесса регулирования углов атаки и наклона сферических дисков посредством подушки с кронштейном, к которой приварены полуоси дисков под заданным углом атаки и углом наклона, при которых формируется профиль гребней со средними параметрами, заданными технологией культуры, при этом углы определяют экспериментально для конкретных почв.

Устройство для окучивания содержит два диска с изогнутыми конечностями, смонтированных на полуосях относительно друг друга под острым углом, вершина которого направлена в сторону движения орудия. Диски смонтированы на стойке окучника с возможностью одновременного регулирования угла атаки и наклона дисков посредством подушки с кронштейном. К подушке приварены полуоси дисков под определенными углами атаки и наклона их вертикальной плоскости, формирующих профиль гребней со средними параметрами, заданными по технологии культуры на конкретных почвах. Дискотый окучник с помощью стойки устанавливают на секции культиватора. Общий вид окучника приведен (рисунок 2.3).

Устройство работает следующим образом. При движении устройства для окучивания сферические диски поднимают почву со дна борозды, взрыхляют ее и прикатывают к окучиваемым растениям.

Для изготовления опытного образца устройства для окучивания были использованы диски диаметром 350 мм от сошника сеялки СЗП 3,6.

Предлагаемое устройство позволит повысить качество формируемых гребней при междурядной обработке посадок картофеля, возделываемых на средних и тяжелых по механическому составу и закамененных почвах, упростить конструкцию окучника.

За базу разрабатываемого почвообрабатывающего орудия взят культиватор пропашной КРН-4,2, оснащенный комбинированными рабочими

органами окучника и подкормочным приспособлением, включающим туковысевающие аппараты.

Рабочий орган окучника полезной модели включает стойку 1, лапу 2 с лезвием 3, долото 4, двухсторонний 5 и сплошной верхний 6 отвалы, два диска 7, вершины которых направлены в сторону поступательного движения культиватора (агрегата) и смонтированных на концах оси 8 рычажного типа свободно под углом атаки (к направлению движения) и наклона к дну борозды с возможностью вращения, а другой конец её установлен на стойке 1 лапы 2 с возможностью перемещения (регулирования) по вертикали (высоте) в пазе 9. Режущая кромка каждого диска 7 по периферии оснащена зубьями 10, передняя кромка которых выполнена по участку логарифмической спирали и имеет заточку (рисунок 2.1 и 2.2).

Рабочий орган работает следующим образом. При движении рабочего органа окучника плоскорежущая лапа 2 заглубляется в почву и подрезает ее на установленной глубине. Далее, разрыленная почва поднимается по рабочей поверхности нижнего отвала 5 и гребнеобразующими дисками 7 подгребаются к рядку растений. Диски 7 при движении окучника равномерно срезают и крошат почву у стенки борозды, уничтожают сорняки и направляют подрезанную раскрошенную почву на вершину гребня. Таким образом, формируются гребни необходимой высоты с воздухо-водопроницаемой структурой почвы, а повреждение корневой системы растений (например, картофеля) сводится к минимуму [36].

Использование предлагаемого рабочего органа окучника позволяет повысить качество обработки почвы, снизить энергоемкость процесса рыбления и совмещать одновременно несколько операций, включая окучивание рядков пропашных культур, в частности картофеля.

Кроме того, такой рабочий орган окучника позволяет исключить обнаруженные недостатки существующих конструкций и более рационально выполнить обработку междурядий пропашных культур, совмещать несколько операций, таких как рыбление, подача, подъем, сепарирование, уничтожение

сорняков, полную заделку гребней, обеспечение воздушного и водного режимов.

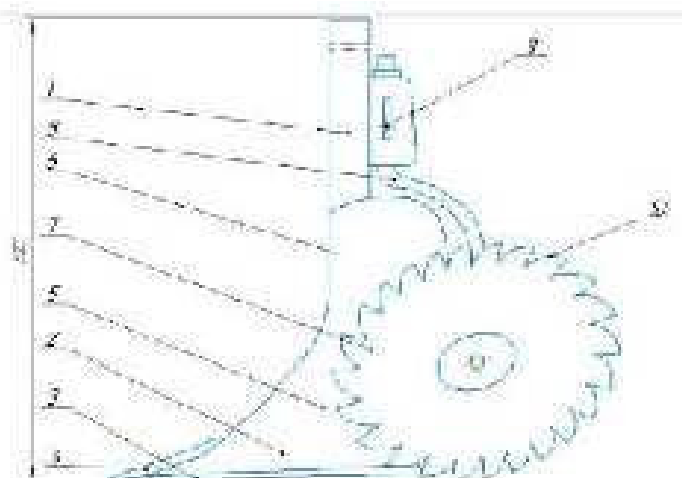


Рисунок 2.1 - Схема рабочего органа окучника

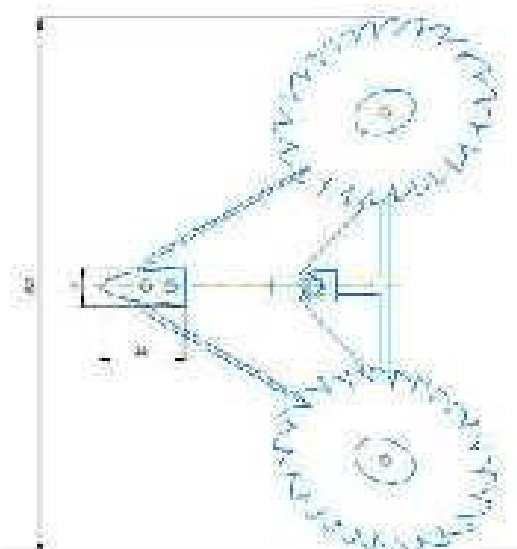


Рисунок 2.2 – Схема рабочего органа окучника (вид сверху)



Рисунок 2.3 – Общий вид рабочего органа окучника

Так как предлагаемый рабочий орган окучника почти в полном объеме обеспечивает агротехнические требования, что позволяет повысить урожайность пропашных культур, в частности картофеля, а также получить экономический, технический и социальный эффекты

2.2 Обоснование формы и геометрических размеров дискового рабочего органа окучника

При определении параметров (размеров) рабочей поверхности окучника необходимо определить размеры поверхности сечения борозды и гребней, образующихся при выполнении операции окучивания [6, 10].

Основные данные показателей:

$L=60-70$ – ширина междурядий,

$h_0=5-8$ см – высота гребня над начальным уровнем поверхности поля,

$a_0=8-12$ см – ширина вершины гребня,

$\varphi=45-50$ – угол естественного откоса

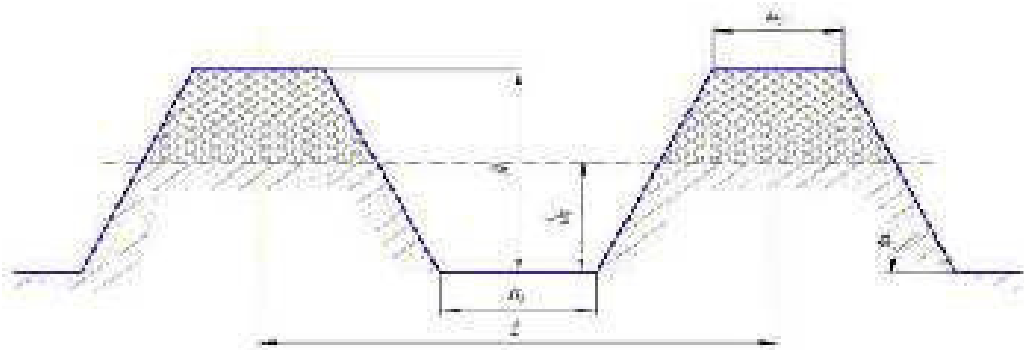


Рисунок 2.4 Поперечное сечение борозды

Объем почвы, вынесенный из борозды находитcя из выражения:

$$V_0 = (a_0 + h_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi) \cdot h_0, \quad (2.1)$$

Где a_0 – ширина вершины гребня

h_0 – высота гребня над начальным уровнем поверхности поля, см

φ – угол естественного откоса, град [6,10]

$$V_0 = (10 + 6 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ) \cdot 6 = 96 \text{ см}^3,$$

Размер (ширина) нижнего основания борозды вычисляется по формуле:

$$a_1 = \frac{V_0 + (a_0 + h_0 \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \lambda \cdot h_0}{h - h_0} - (h - h_0) \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (2.2)$$

где h – общая высота гребня, мм

$\lambda = 1,2 - 1,25$ – коэффициент всушенности [6,10]

Высота (общая) гребня определяется как:

$$h = h_0 - \frac{a_1}{2 \operatorname{ctg} \varphi} \pm \sqrt{\frac{100^2}{4 \operatorname{ctg}^2 \varphi} + \frac{\lambda}{\operatorname{ctg} \varphi} (a_0 + h_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi)} \quad (2.3)$$

где φ – угол естественного откоса, $\varphi = 45^\circ$;

$a_1 = 100 \text{ мм}$, $h_0 = 80 \text{ мм}$; $a_0 = 80 \text{ мм}$;

$$h = 80 - \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{1} \pm \sqrt{\frac{100^2}{4} + \frac{1,25}{1} (80 + 80) \cdot 80} = 156 \text{ мм}.$$

Параметр (глубина) борозды находится из выражения

$$h = h - h_0, \quad (2.4)$$

$$h = 156 - 80 = 76 \text{ мм}$$

Итак, по найденным значениям a_1 , h_0 , a_0 , h , φ можно построить рабочую поверхность корпуса окучника.

Как известно, детали, установленные под углом 90° , свариваются тавровым соединением [14].

Искомое допускаемое усилие при растяжении находится из выражения:

$$[P] = [\tau'] \cdot 0,7 \cdot k \cdot e, \quad (2.5)$$

где $[\tau']$ - допускаемое напряжение для сварного шва на срез, Н/см²;

k - катет шва;

e - длина шва, $e = 16$ см

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_p], \quad (2.6)$$

где $[\sigma_p]$ - допускаемое напряжение на растяжение, Н/см²;

$$[\sigma_p] = 1400 \text{ Н/см}^2$$

$$[\tau'] = 0,6 \cdot 1400 = 8400 \text{ Н/см}^2$$

$$[P] = 8400 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 16 = 28224 \text{ Н}$$

Усилие при растяжении вычисляется по формуле:

$$P = \frac{2M_{np}}{l}, \quad (2.7)$$

где l - внешний обхват балки, м

$$P = \frac{2 \cdot 50 \cdot 1000}{160} = 2625,34 \text{ Н}$$

Итак:

$$P < [P]$$

$$2625,34 < 2822,4$$

Вывод: Таким образом, из расчетов видно, что вышеуказанное условие выполняется [14].

Показатели	Ед. изм.	KPH-4,2 M
Вид машины		Навесной
Ширина захвата (рабочая)	м	4,2
Глубина обработки	см	6...16
Производительность за 1 ч основного времени	га/час	2,1...4,2
Вес машины (масса)		
- конструктивная с набором рабочих органов культиваторов	кг	650
Геометрические размеры (габаритные)		
- ширина	мм	4600
- длина	мм	2300
- высота	мм	1640

Таблица 2.1 - Технические характеристики скучника

2.3. Обоснование параметров расстановки рабочих органов на раме пропашного культиватора

Расстановка рабочих органов скучников при скучивании производится в один ряд со строгим соблюдением агротехнических требований (рисунки 2.5, 2.6, 2.7).

При этом размещение рабочих органов скучников на пропашных культиваторах типа КРН должно быть согласовано с размерами междурядий посеянных культур и высотой (параметров) гребней. В целях избегания повреждений растений (картофеля) крайние рабочие органы следует располагать на определенном расстоянии (защитная зона) от растений [10].

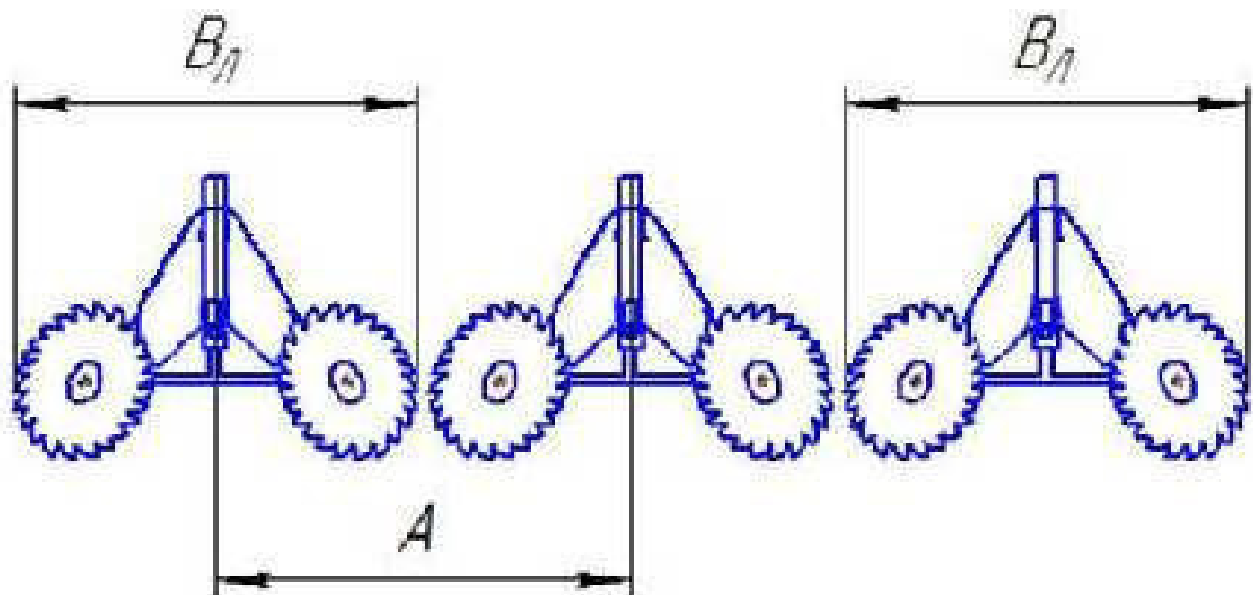


Рисунок 2.5 -Схема размещения рабочих органов при окучивании

Пример. При выращивании картофеля на тяжелых по механическому составу и закаменённых почвах с шириной междурядий 70 см для формирования гребней среднего профиля (высота 15 см, ширина основания 70 см) установлено, что угол атаки сферических дисков должно быть 16° ; а угол наклона в вертикальной плоскости -7° , что позволяет осуществлять бесступенчатое регулирование угла атаки сферических дисков от 10° до 25° и угла наклона по вертикали от 5° до 17° с формированием высоты гребней от 10 до 30 см, в зависимости от фазы развития растений картофеля и требуемых параметров гребней

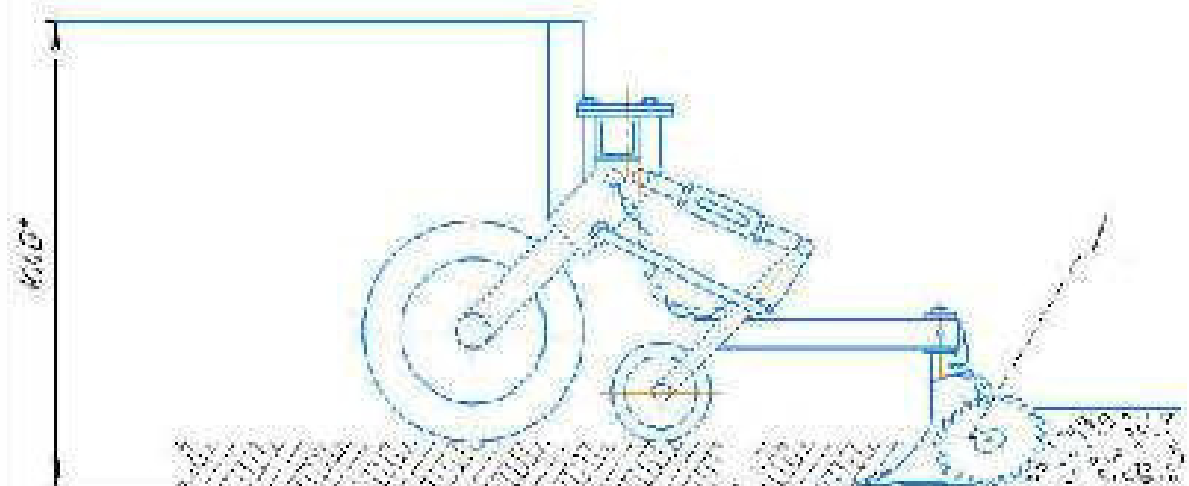


Рисунок 2.6 – расположения рабочих органов на раме КРН 4,2

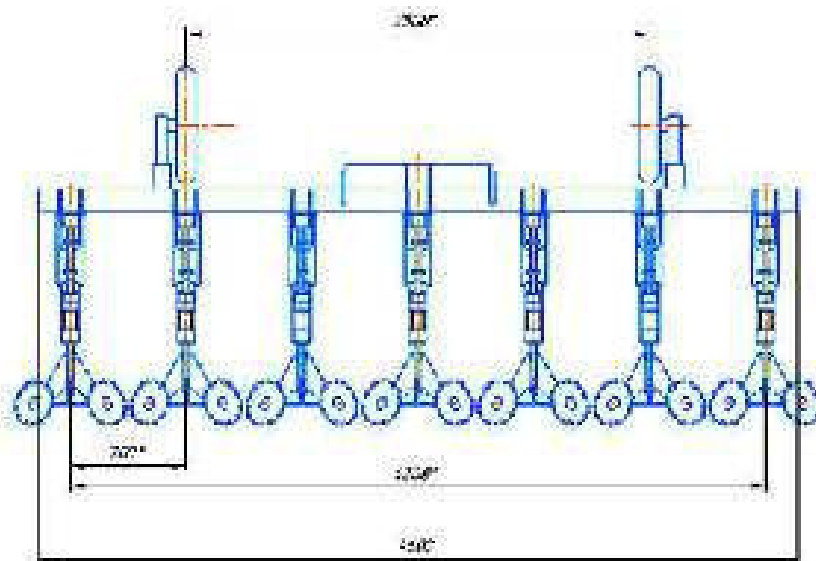


Рисунок 2.7 - расположения рабочих органов на раме КРН 4,2 вид сверху

Для формирования гребней высотой более 15 см кронштейн подушки перемещают по регулировочному сектору назад по ходу движения. При этом подушка поворачиваясь на оси стойки увеличивает угол атаки сферических дисков от 10 до 17° при одновременном уменьшении угла наклона от 7 до 5° . Для получения гребней высотой менее 15 см кронштейн подушки по регулировочному сектору, наоборот, перемещивают вперед по ходу движения орудия, что приводит к уменьшению угла атаки сферических дисков от 25 до 17° . При окучивании посадок картофеля в фазу начала бутонизации, во избежание повреждений ботвы картофеля, с дисков снимают рыхлительные пальцы.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа лабораторных исследований

Программа лабораторных исследований включает в себя следующий задачи.

1. Исследования типа и состав почвы.
2. Исследования износа металла, при разных процентах содержания воды в составе почвы.
3. Исследования водопроницаемости почвы
4. Определения тягового сопротивления дискового окучника на разных типах почвах.

5. Исследования и сравнения глубин обработки почвы с органами КРН 4,2 и КРН 4,2М.

6. Исследования углов атаки отвала.

7. Исследования геометрических форм гребней.

3.2. Методика определения физико-механических свойств почвы

Цвет почвы определяется органолептически. Темная окраска свидетельствует о содержании в почве большого количества органических веществ и микроорганизмов. Светлые почвы содержат мало органических и минеральных веществ (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Типы почв

Запах почвы- чистая не загрязненная почва не имеет ярко выраженного запаха. Гнилостный, аммиачный запахи имеет почва, загрязненная навозом, сточными водами, трупами животных.

Определение запаха- пробу почвы помещают в стеклянный стакан и обдают горячей водой закрывают и настаивают несколько минут. Затем определяют запах.

Влажность почвы, отношение массы воды, содержащейся в известном объеме почвы, к массе сухой почвы в том же объеме выраженное в процентах. Методика определения: пробу почвы массой 10 гр. вносят в

стеклянный стакан с известной массой, стакан с пробой помещают в сушильный шкаф (рисунок 3.1) на 5 ч при температуре 105°C . После высушивания и охлаждения в условиях эксикатора стакан с пробой взвешивается повторно. Потеря в массе, выраженная в процентах, отражает содержание воды в почве.

Плотность почвы масса единицы объема абсолютно сухой почвы. Выражают в граммах на 1 см^3 . Плотность минеральных почв составляет $0,9-1,8\text{ г/см}^3$, болотных торфяных – $0,15-0,40\text{ г/см}^3$.



Рисунок 3.2 – Сушильный шкаф

Плотность твердой фазы почвы - это отношение массы ее твердой фазы к массе воды в том же объеме при температуре 4°C . Она зависит от соотношения в почве компонентов органических и минеральных частей почвы. Для минеральных горизонтов плотность твердой фазы $2,4-2,6\text{ г/см}^3$ и торфяных $1,4-1,8\text{ г/см}^3$. Эти показатели учитывают при проведении агротехнических мероприятий.

Воздухопроницаемость, способность почвы пропускать через себя воздух. Количество воздуха в почве может колебаться от 10 до 40 %. В почвенном воздухе наиболее динамичны кислород и углекислый газ. По мере

углубления в почву снижается количество кислорода, который расходуется на окисление органических веществ почвы, и возрастает концентрация углекислого газа.

Гигроскопичность — способность почвы поглощать из воздуха парообразную воду. Такую поглощенную влагу называют гигроскопической. Эта способность зависит от строения и состава почвы, а также влажности воздуха. Мелкозернистые глинистые и гумусовые почвы имеют большую гигроскопичность. Если относительная влажность воздуха повышается до 100 %, то почва, насыщаемая водой, характеризуется максимальной гигроскопичностью. Это важно учитывать при выборе места под строительство животноводческих объектов и устройстве пастбищ.

Испаряющая способность почвы — если капилляры достигают поверхности почвы, то поднимаемая по ним вода испаряется в воздух. Это происходит на полях с плохой или совсем не разрыленной поверхностью.

Определение капиллярности или водоподъемной способности она зависит от размера структурных частиц почвы. Чем меньше размер частиц, тем больше капиллярный подъем. Методика определения: пробу почвы помещают в тонкую (диаметр 3 см) стеклянную трубку высотой 1 м нижний конец которой закрыт плотном и погружен в стакан с водой. По скорости (5, 10, 15 мин до 60 мин) изменения окраски почвы (увлажненности) судят о капиллярности почвы.

Наибольшая капиллярность у мелкозернистых почв. В торфе вода поднимается на высоту 4-6 м, глине 1,2, песке на 0,3-0,5 м. Капиллярность каменистых почв практически равна нулю.

Водопроницаемость почвы — это скорость просачивания воды через стандартный объем почвы. Определяется механическим составом и структурой почвы. Методика определения: берут стеклянную трубку длиной 30 см, диаметром 4 см, нижний конец которой, обвязан тонким полотном и укрепляют на штативе, от нижнего конца трубки отмеряют 20 см. Пробу воздушно-сухой измелченной почвы помещают в трубку до метки 20 см, под нижний конец трубки подставляют стеклянный стакан. На верхний

слой почвы наливают слой воды высотой 4 см, после начала просачивания постоянно поддерживают уровень воды над почвой в 4 см. Фиксируют время с момента наложения воды на верхний слой почвы до момента падения первой капли в стеклянный стакан и время, которое потребуется для накопления в стакане слоя воды высотой 4 см (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 –Водопроницаемость почвы

Водопроницаемость значительно изменяется на почвах разного механического состава. Песчаная почва обладает высокой водопроницаемостью (первая капля упадет через 1 мин). Тяжелые мелкозернистые почвы обладают низкой водопроницаемостью (глинистые, торфяные) из-за значительной задержки воды бывают заболоченными.

Определение объема пор - объем пор характеризует интенсивность аэрации почвы. Определение: в стеклянный цилиндр емкостью 1 л наливают 400-500 мл воды (а) и вносят такой же объем воздушно сухой почвы (б), после того как воздух будет вытеснен водой и выйдет в виде пузырьков наружу устанавливают какой объем занимает получившаяся смесь (к) разность между суммарным объемом почвы и воды (а+б) и объемом смеси (к) и является объемом пор в пробе.

3.3. Методика определения тягового сопротивления дискового рабочего органа окучника

Сопротивление почвы сдвигающим усилиям обуславливается двумя механическими причинами: внутренним трением и сцеплением. Внутреннее трение зависит от внешней нагрузки, сцепление от связности, ее влажности и механического состава.

Под коэффициентом внутреннего трения почвы подразумевается часть общего сопротивления сдвигу, пропорциональная нормальному напряжению. Под величиной сцепления понимается часть общего сопротивления сдвигу в почве, независимая от нормального напряжения (давления).

Максимальное сопротивление трению в почве равняется произведению нормального давления на рассматриваемую площадь почвы, помноженную на коэффициент трения f .

Общая зависимость по Кулону может быть представлена в виде формулы:

$$\tau = \sigma \cdot f + C, \quad (3.1)$$

где τ – сдвигающее напряжение, Па;

σ – нормальное сжимающее давление (напряжение), Па;

f – коэффициент трения ($f = \tan \varphi$);

φ – угол внутреннего трения почвы, град;

C – коэффициент сцепления (когезия).

Формула Кулона графически представляет прямую линию, не проходящую через начало координат.

Трение представляет собой сложный комплекс механических, электронных и химических явлений. Величина силы трения скольжения зависит не только от материала, шероховатости поверхности, давления и относительной скорости скольжения, но и от целого ряда других причин: влажности, температуры и т.п. Учесть влияние всех факторов не представляется возможным, поэтому ограничиваются приближенным определением значения силы трения по закону Кулона: «Сила трения

скольжения пропорциональна силе, нормальной к поверхности соприкасающихся тел, зависит от рода трущихся поверхностей и не зависит от величины трущихся поверхностей».

Под трением понимается сопротивление скольжения одной поверхности по другой

$$F = f \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.2)$$

где F — сила трения,

N — нормальная сила,

f — коэффициент трения,

φ — угол трения.

Сила трения — пассивная сила, поэтому она не может быть больше N , но может быть как угодно мала, если мала сила, стремящаяся вызвать относительное перемещение двух тел.

Установлено, что трение почвы о сталь — явление многофазное. Для каждой фазы существуют свои законы, которые при прочих равных условиях зависят от количества влаги, поступающей к трущимся поверхностям. В общем случае этот процесс имеет несколько фаз. Так, фаза I характеризуется тем, что почвы снимается до тех пор, пока эта несущая способность не становится выше, чем удельное сопротивление q . Значение f в этой фазе определить трудно. После этого начинается фаза истинного трения, она продолжается до тех пор, пока к трущимся поверхностям не подойдет вытесненная из почвы влага. Эта влага оказывает существенное влияние на характер трения и видоизменяет его. Наступает фаза III — фаза полусухого трения.

При некотором количестве влаги коэффициент трения становится максимальным, так как трение сопровождается прилипанием. При дальнейшем увеличении влаги она начинает выполнять роль смазки и коэффициент трения уменьшается (фаза - IV). Поступление почвенной влаги к трущимся поверхностям зависит не только от свойств почвы, но и от формы рабочего органа (рисунок 3.4).

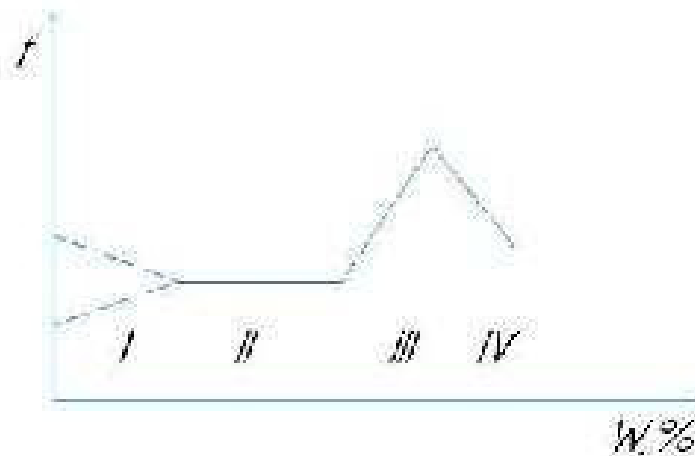


Рисунок 3.4 – Зависимость трения почвы о сталь от влажности

Многие сельскохозяйственные материалы обладают свойствами сыпучести. Это песчаные и супесчаные почвы (особенное при низкой влажности), зерна, минеральные удобрения и так далее. При взаимодействии таких материалов с рабочими органами машин неизбежно возникает взаимное перемещение частиц, оказывающее влияние на характер протекания выполняемого машинной технологического процесса и определяющего конструктивные и регулировочные параметры рабочих органов.

Характер взаимного перемещения частиц материала в основном зависит от фрикционных свойств этих частиц, характеризуемых коэффициентом внутреннего трения. Углы внутреннего трения сыпучих материалов равны их углам естественного откоса. Взаимное перемещение частиц прекратится при:

$$T = F_{\text{тр}} \quad (3.3)$$

где T - составляющая силы тяжести, равное $mg \sin \alpha$; Н;

$F_{\text{тр}}$ - сила трения, возникающая при взаимном перемещении частиц; Н.

$$F_{\text{тр}} = fN, \quad (3.4)$$

где f - коэффициент внутреннего трения,

N - нормальная сила, которая равна $mg \cos \alpha$; Н

Тогда равенство (3.3) примет следующий вид:

$$mg \sin \alpha = mg \cos \alpha, \quad (3.5)$$

Имея, что $f = \operatorname{tg} \varphi$, где φ – угол внутреннего трения, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.6)$$

Используя полученное равенство, легко определить значение коэффициентов внутреннего трения зерновых материалов опытным путем.

Знание конкретных значений угла естественного откоса и коэффициента внутреннего трения почв и других сельскохозяйственных материалов помогает правильно спроектировать рабочие органы сельскохозяйственных машин и выбрать такой принцип их действия, который позволит качественно выполнить технологический процесс при наименьших затратах энергии.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Результаты определения физико-механических свойств почвы

Изучения и исследования физико-механических свойств почв прошло следующим образом

В первую очередь изучили типы и свойства, исследуемого почвы. Исследования включает в себя определения почвы по свету, свет почвы зависит от содержания органических веществ и микроорганизмов в почве. Чем темнее почва, тем больше содержание органических веществ.

Мы исследовали два типа земли чернозем и песчаную почву. В наших регионах обычно встречаются эти два типа почвы, по этому особую внимания сделали на эти типы

При обработки важную роль играет твердость почвы, по этому нам необходимо было провести исследования по определению твердости почвы. Твердость почвы проверили твердомером Ю. Ю. Ревякина следующим образом. При вдавливании в почву твердого тела, например, круглого плоского штампа, сопротивление почвы вдавливанию изменяется с изменением глубины погружения этого штампа.

От в зависимости от типа и состояния почвы $P=f(h)$, измеряемый участок может измеряться по линейной, квадратической, степенной, параболической, синусоидальной, тангенциальной и другой зависимости (рисунок 4.1).

Однако В. А. Желиговский и Ю. Ю. Ревякин предлагают использовать наконечник цилиндрической формы

При этом на диаграмме будут видны три характерных участка, соответствующие различным стадиям деформации почвы (рисунок 4.2)



Рисунок 4.1 – Определения твердости почвы



Рисунок 4.2 – Диаграммы изменения деформации пружины по глубине погружения коечника в почву

Взяли бирку и взвесили его с помощью электронной весы, потом на эту же бирку набрали земли и взвесили его (рисунок 4.3). Эту же почву взвесили после того как намочили водой, для того чтобы определить на сколько изменяется вес почвы при влажной погоде. После этого поместили бирку с почвой на сушильный шкаф для измерения веса почвы после сушки (рисунок 4.4).



Рисунок 4.3 – Определения массы почвы



Рисунок 4.4 – Сушка почвы на сушильном шкафе.

При заключении исследования физико-механический свойств почвы исследовали водонепроницаемость почвы. Все исследования провели с двумя типами почв, чернозем и песчаная.

4.2. Результаты определения тягового сопротивления дискового рабочего органа окучника

Тяговое сопротивление зависит от глубины обработки h , скорости рабочего движения массы культиватора и фона.

Помимо деформации, крошения почвы, часть энергии затрачивается на отбрасывание ее, придания ей кинетической энергии. Наш окучник дает больше кинетической энергии почве, благодаря дисков.

Важным является угол крошения лапы. С его уменьшением снижается тяговое сопротивление, и минимальное значения будет при $\alpha=0$. Резание почвы в данном случае происходит не с клином, а ножом. Это обеспечивает эффективное подрезание сорняков.

При определении тягового сопротивления мы провели следующие исследования

Взяли ящик с чернозёмом и песчаной землей, на почву поставили каретку и тянули каретку с помощью веревки, в свою очередь веревку провели через ролик чтобы веревка не касалась на край коробки, а на конец веревки крепили динамометр, и тянули пустую каретку, полученный результат записывали (рисунок 4.5). Провели ещё одну такую же работу, в этот раз на каретку ставили груз и данные записывали. С полученных результатов строили график (рисунок 4.6).



Рисунок 4.5 – Определения тягового усилия

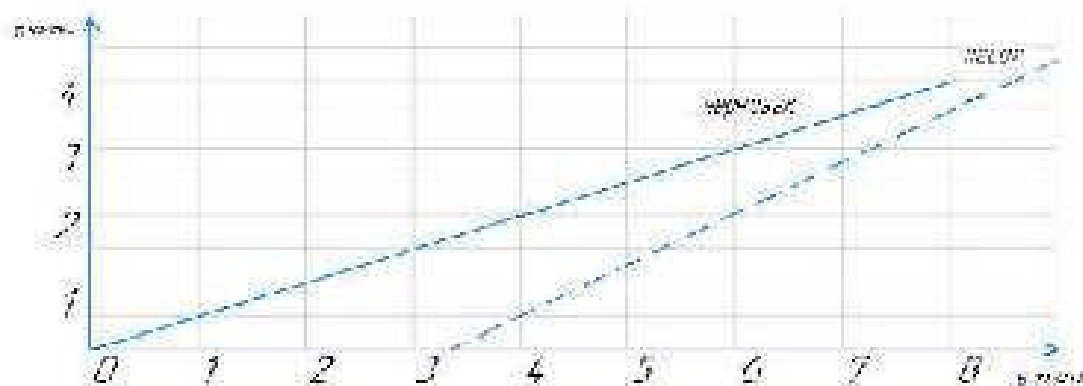


Рисунок 4.6 – График опытов по определению коэффициента внутреннего трения и показания сцепления почв.

Проведя опыт на почвенном канале, мы наблюдали поведения окучника при работе и качество гребнеобразования сравнив с лопой KPH 4,2 результат показан на графике (рисунок 4.7 и 4.8)

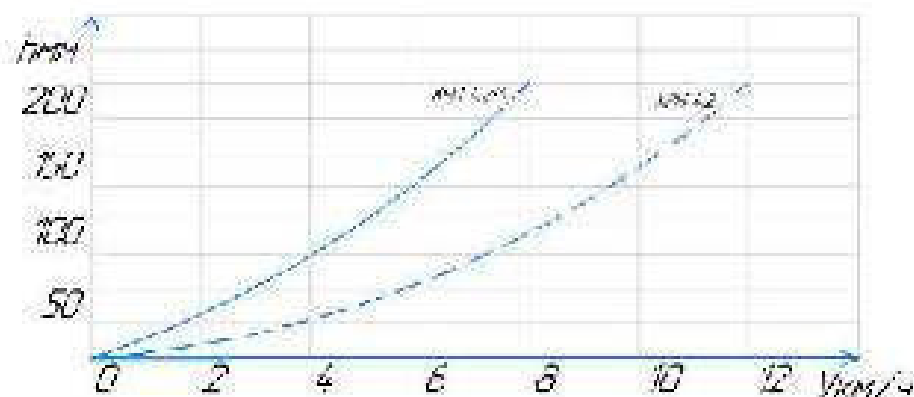


Рисунок 4.7 – График зависимости качества гребень от скорости движения опыта.



Рисунок 4.8 – испытания на почвенном канале

Как показал исследования наш дисковый окучник лучше существующих окучников.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОКУЧНИКА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

5.1. Сравнительная технико-экономическая оценка

В случае создания и использования новых рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, в частности, рабочих органов окучников необходимо обеспечить не только наилучшие агротехнические условия для сельскохозяйственных растений, но также необходимо снизить минимальные затраты труда и средства на единицу работы при более высокой производительности в сравнении с существующей машиной или комплексом машин. При этом для сравнения принят серийный культиватор-растениепитатель КРН-4,2 с существующими рабочими органами. Для агрегатирования всех видов машин принят колесный трактор МТЗ-82.1.

Определение (расчет) сопоставимых технико-экономических показателей работы сравниваемых культиваторов (агрегатов) проводится по существующим методикам и рекомендациям [5]. При этом для определения показателей экономической эффективности исходные данные выбраны из справочного материала. А общая масса сконструированных деталей и узлов нового агрегата (культиватора) определена путем измерения их объема, удельного веса (или путем взвешивания).

Краткая методика расчета отдельных технико-экономических показателей оценки сравниваемых пропашных культиваторов (агрегатов) приведена в таблице 5.1.

№ п/п	Расчетная формула	Обозначения	Значения	
			Проектный	Базовый
1	2	3	4	5
1.	$G = (G_k + G_r) \cdot K$	Масса конструкции, кг	1123,3	1200,5
2.	$C_{эл} = \frac{C_{эл0} \cdot \omega_0 \cdot \sigma}{\omega_1}$	Стоимость балансовая, тыс.руб.	52,68	75,0

3.	$W_{\text{ч}} = 0,36 B_p \cdot V_p \cdot \tau$	Производительность часовая, га/ч	6,54	4,78
4.	$\Xi_e = \frac{N_e}{W_{\text{ч}}}$	Энергоемкость выполняемой операции, кВт/ед.	10,12	13,84
5.	$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{зд}} \cdot T_{\text{са}}}$	Металлоемкость технологического процесса, кг/ед.	0,032	0,050
3.	$F_e = \frac{C_e}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{сод}}}$	Фондоемкость процесса, руб./ед.	15,92	31,3
4.	$T_e = \frac{n_p}{W_{\text{ч}}}$	Трудоемкость процесса, чел. час/ед.	0,15	0,20
5.	$C_{\text{пл}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_e$	Расходы на оплату труда, руб./л	12	16
6.	$C_{\text{э}} = \text{Ц}_{\text{э}} \cdot \Xi_e$	Расходы на электрическую энергию, руб./ед.	24,5	33,6
7.	$C_{\text{рмо}} = \frac{C_e \cdot H_{\text{рмо}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{сод}}}$	Расходы на ТО и ремонт, руб./ед.	2,54	5,02
8.	$A = \frac{C_e \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{сод}}}$	Отчисления амортизационные, руб./ед.	2,26	4,45
9.	$S = C_{\text{пл}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рмо}} + A$	Себестоимость работы, руб./ед.	41,3	47,78
10.	$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_e$	Затраты приведенные, руб./ед.	43,68	52,47
11.	$\Xi_{\text{год}} = (S_{\text{б}} - S_{\text{п}}) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}$	Экономия годовая, руб.	21026,1	-

12.	$E_{год} = Э_{год} - E_n \cdot \Delta k$	Экономический эффект годовой, руб.	18638,1	-
13.	$T_{ок} = \frac{C_{оп}}{Э_{год}}$	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	2,5	-
14.	$E_{эф} = \frac{Э_{год}}{C_6}$	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	0,40	-

Таблица 5.1 – Методика расчета технико-экономических показателей

Из полученных технико-экономических показателей (таблица 5.1) следует, что применение (внедрение) предлагаемого культиватора с новыми рабочими органами по сравнению с серийным позволяет снижать все указанные затраты, металлоемкость технологического процесса и энергоемкость выполняемой операции, а также повысить производительность труда.

В заключении отметим, что годовой экономический эффект, являющийся основным критерием экономической эффективности использования культиватора с комбинированными окучниками, составляет 18638,1 рублей в расчете на один агрегат.

5.2. Энергетическая оценка

Необходимым (важным) критерием любой почвообрабатывающей машины с учётом агротехнических показателей являются энергетические затраты на выполнение рабочего процесса. Поэтому в лабораторных условиях проводилась энергетическая оценка сопоставляемых рабочих

органов согласно тяговому сопротивлению почвообрабатывающего орудия, оснащаемого поочередно различными рабочими органами. При этом для сравнительной оценки энергоёмкости процесса работы данного орудия с новыми рабочими органами и окончательного определения его оптимальных режимов работы, были проведены исследования его силовых характеристик методом динамометрирования на чернозёмных почвах среднесуглинистого механического состава со средней влажностью обрабатываемого слоя 15...21%.

Исследованиями энергетических показателей технологического процесса различных рабочих органов установлено, что сопротивление всех сравниваемых почвообрабатывающих орудий возрастает с повышением глубины обработки (рисунок 5.1 а), так коэффициент вариации тягового сопротивления заметно ниже. В частности, для почвообрабатывающего орудия КРН-4,2М с новейшими рабочими органами коэффициент вариации тягового сопротивления располагается в границах 12...14%, при глубине обработки 3...8 см и 10...12% при глубине обработки 8...11 см, а для агрегата КРН-4,2 с контрольными рабочими органами данный коэффициент составил 21...23%, при глубине обработки 3...8 см и 16...18% при глубине обработки 8...11 см.

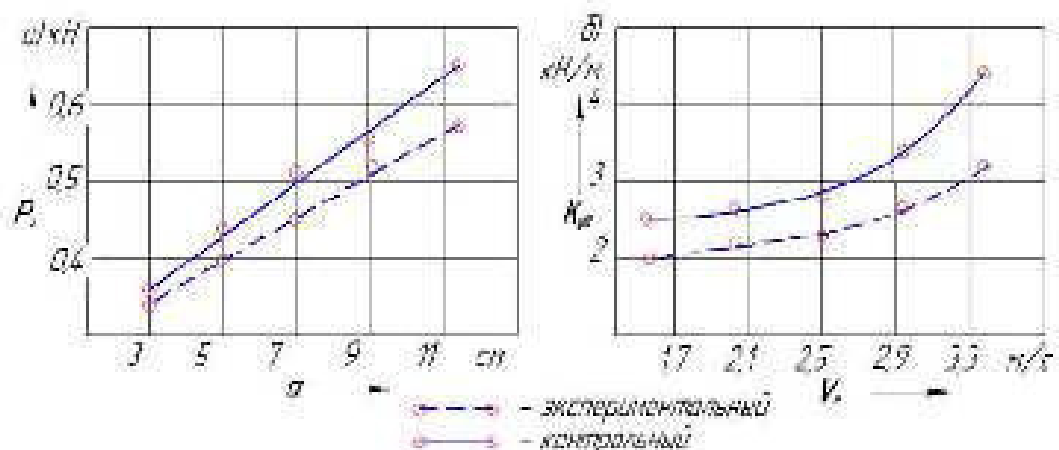


Рисунок 5.1 – Изменение энергетических показателей в зависимости от глубины обработки почвы (а) и от их скорости поступательного движения (б)

Как видно из зависимости $P_x = f(a)$ (рисунок 5.1 а), что на незначительной глубине (3...8 см) различия в тяговом сопротивлении

опытного и контрольного агрегатов (орудий) небольшие, но на большой глубине (11 см), где на почву воздействовала большая часть рабочей поверхности рабочих органов и диски культиватора, сопротивление экспериментального орудия с новыми рабочими органами снижалось по сравнению с контрольным на 14,5%.

ВЫВОДЫ

На основании выполненной работы можно сделать следующие основные выводы.

1. Однако при этом для повышения эффективности и качества междурядной обработки почвы прослеживается необходимость рационального использования ее приемов путем применения новых орудий (культиваторов) с комбинированными рабочими органами для совмещения одновременно нескольких операций.

2. В целях разработки указанного проекта был проведен обзор агротехнических требований и технологических основ операций междурядной обработки почвы, а также рассматривались тенденции развития орудий для их выполнения. При этом выявлены некоторые их недостатки и преимущества. В следствии чего возникла необходимость создания новых форм комбинированных рабочих органов окучников для одновременного обеспечения качественного рыхления почвы в междурядьях пропашных культур, окучивания, уничтожения сорняков и снижения энергоемкости рабочего процесса. В связи с этим разработана классификация рабочих органов окучников и произведен технологический расчет, подтверждающий качество выполнения процесса окучивания.

3. Исходя из выше изложенного разработана новая конструкция рабочего органа окучника и произведен конструктивный расчет, подтверждающий его надежность и работоспособность.

4. В целях проектирования комбинированных рабочих органов окучника с их рациональными параметрами необходимо выполнить (учесть) агротехнические требования, где исходными являются ширина междурядий и защитные зоны пропашных культур. При этом диаметр зубчатых дисков колеблется в пределах от 240 мм до 330 мм, их угол атаки - 16° , а угол наклона к вертикальной оси – от 5° до 17° .

5. Оснащение диски зубьями, дает возможность соблюдения условия скользящего резания, лучшего сцепления, дополнительного измельчения комков и сепарирования мелкой фракции почвы на дно борозды. Причем их

снабжение лотками, выполненными по участкам логарифмической спирали способствует плавной и точной транспортировке почвы к рядам пропашных культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов Р.К. Машины и орудия для междурядной обработки почвы (конструкция, расчет, эксплуатация) /Р.К. Абдрахманов // - Казань: Изд-во Казанского университета, 2001. – 148 с.
2. Абдрахманов, Р.К. Машины и орудия для междурядной обработки почвы /Р.К. Абдрахманов // Изд-во Казанск. ун-та, г. Казань, 2001. -С 148.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский //-2-е изд.- М.: Наука, 1976. – 279с.
4. Анискин, В.И. Комплекс почвозащитной техники нового поколения. / В.И. Анискин, А.П. Спирин // Техника в сельском хозяйстве, 2001 г. № 3.
5. Артюшин, А.А. Конкурентоспособные блочно-модульные культиваторы./ А.А. Артюшин, С.В. Рыжов, Н.К. Мазитов, В.Р. Алфеев и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2001, №2, с. 2–4.
6. Батраева, О.С. Результаты экспериментальных исследований комбинированной машины для поверхностной обработки почвы. / О.С. Батраева // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения Сборник научных работ. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2004.
7. Бауков, А.В. Поперечный профиль рыхлительного рабочего органа и процесс трещинообразования / А.В. Бауков, А.С. Кушнарев // Почво-обрабатывающие и посевные машины. - Мелитополь: Научные труды Мелитопольского ИМСХ, 1967. – Т.5, вып. 3.
8. Бледных, В.В. Ресурсосберегающая техника для возделывания зерновых культур / В.В. Бледных, Н.К. Мазитов, Р.С. Рахимов, Н.Т. Хлызов, Ф.М. Садриев, С.В. Стоян, В.Н. Коновалов, И.Р. Рахимов // Техника в сельском хозяйстве, 2007, №3, с. –19–22.
9. Бондарев, А.Г. Физические свойства почв и проблема совмещения операций при их обработке / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, В.Н. Шептуков// Труды ВИМ - М.: ВАСХНИЛ, 1980. – Т. 88., – с. 109...113.

10. Булгариев, Г.Г. Рабочий орган культиватора-плоскореза / Г.Г. Булгариев, Х.С. Гайнанов // АС. № 1794329. – Оpubл. в Б.И., 1993, №6.
11. Булгариев, Г.Г. Разработка и обоснование параметров рабочих органов машины для поверхностной обработки почвы Автореф. дис. к.т.н. 05.20.01. Г.Г.Булгариев. –Казань, 1997. –24с.
12. Булгариев, Г.Г. Роль различных типов колебаний в почвообработке/ Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, Р.Г. Юнусов, В.П. Данилов // Актуальные вопросы совершенствования технологий и технического обеспечения с.-х. производства. Материалы международной науч. конф. Института механизации и технического сервиса. – Казань, 2012. – с.46...49.
13. Булгариев Г. Г. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий/Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, М.Н. Калимуллин и Н.В. Булатова// - Казань, 2011.
14. Власов Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники/Н.С. Власов –М.: Колос, 1979. - 400с.
15. Вилде А.А. Комбинированные почвообрабатывающие машины/ А.А. Вилде, А.Х. Цесниекс, Ю.П. Моритис и др. // — Л.: “Агропромиздат”, 1986.— 128 с.
16. Гайнанов Х.С. Методические указания к лабораторным работам по теме: «Машины для обработки почвы и посева зерновых культур/Х.С. Гайнанов// - Казань, 1988. - 110 с.
17. Гайнанов Х.С. Регулировка и настройка машин к полевым работам/ Х.С. Гайнанов, Г.Ф. Ярославлев, П.И. Макаров // - Казань, 1997. - 240 с.
18. Зимагулов А.Х. Технические и технологические пути повышения эффективности и безопасности агрегатов на базе мобильных энергетических средств / А.Х. Зимагулов, Р.Г. Нуруллин, Т.А. Зимагулов. - Казань: Казан. Ун-т, 2012.-278с.
19. Зимагулов Т.А. Окучивание и образование лунок в междурядьях пропашных и технических культур / Т.А. Зимагулов, Р.К. Абдрахманов, А.Х. Зимагулов // Вестник Казанского ГАУ. -2008. -№4.

20. Зимагулов Т.А. Окучивание и образование лунок в междурядьях пропашных и технических культур при помощи ротационных рабочих органов / Т.А. Зимагулов, Р.К. Абдрахманов, А.Х. Зимагулов // Инновационные технологии в растениеводстве. – Мичуринский наукоград: Мичуринский ГАУ.-2009.-С. 204-208.
21. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины. — 5-е изд. пераб. и доп. /А.Н. Карпенко, В.М. Халанский// — М.: “Колос”, 1983.—495 с.
11. Конарев П.М. Охрана труда. /П.М. Конарев и др.// — М.: “Колос”, 1982.—351 с.
22. Методика определения экономической эффективности использования в сельскохозяйственных результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и распределений.- Рекомендации НТС МСХ СССР, 1979, №7 - 79с.
23. Окучник/Казанский СХИ. Зимагулов А.Х., Асаев Ш.Н., Гатин И.И.-А.с. 1126216 СССР. №3589568; заявл. 29.04.83,опубл. 1984, Бюл. №44.
24. Попов Г.Н. Машиностроительное черчение. Справочник. /Г.Н. Попов, С.Ю. Алексеев//.- Л: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987.-44с.
25. Пшеченков К.А. Индустриальная технология производства картофеля / Сост. К.А. Пшеченков.-М.: Россельхозиздат, 1985.-239с.
26. Способ образования воздухо-водопроницаемых гребней в междурядьях пропашных культур и рабочий орган для его реализации (варианты) / Зимагулов Т.А., Булгариев Г.Г., Зимагулов А.Х. - №2009115300/21; заявл. 23.04.2009. Положительное решение.
27. Способ стрегания и сепарирования почвы при окучивании пропашных и технических культур и устройство его реализации / Зимагулов Т.А., Абдрахманов Р.К., Шайхутдинов Р.И., Зимагулов А.Х. - №2009110061/21; заявл. 19.03.2009. Положит. Решение.
28. Тагиров М.Ш. Возделывание картофеля в Республике Татарстан/ М.Ш. Тагиров, В.П. Владимиров.-Казань: Фолиант, 2008.-36с.

29. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные (машины) работы. — изд. 4., перераб. -М.: Рос-сельхозиздат, 1981.—395 с.
30. Туболев С.С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С. Туболев и др.-М.: Агроспас, 2010.-316с.
31. Теличкина, Н.А. Обоснование параметров комбинированного культиватора для предпосевной обработки почвы/ Н.А. Теличкина // Вестник ЧГАУ №50, 2007.
32. Теличкина, Н.А. Экспериментальная установка для малкой поверхностной обработки почвы / Н.А. Теличкина // Материалы XLVIII международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству», часть 4. - Челябинск. 2009.
33. Технологические и экономические аспекты минимальной обработки почвы на Южном Урале Проект Тасиз FDRUS 9901 « Управление хозяйством на Южном Урале», 2001.
34. Хатанский, В.М. Сельскохозяйственные машины /В.М.Хатанский, И.Н. Горбачев // – М.: Колос, 2006. –624с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОКУЧНИКА

35. Хасанов И.А. // Разработка и исследования дискового рабочего органа окучника / В сборнике: Современные достижения аграрной науки научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича. // И.А.Хасанов, И.Р.Нафиков, Хусанов Р.К. / Казанский государственный аграрный университет. Казань, 2020. С. 183-188.
36. Хасанов И.А. Разработка дискового рабочего органа окучника // И.А.Хасанов, И.Р.Нафиков, Р.К.Хусанов / В сборнике: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Современные

достижения аграрной науки», посвященная памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазиба Сабировича, Казанский государственный аграрный университет. Казань, 2021 (в печати).

37. Циммерман, М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин / М.З. Циммерман// - М.: Машиностроение, 1978. – 295с.

38. Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников и др.// – М.: Наука, 2000. – 43с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Результаты опытов по определению коэффициента внутреннего трения и показателя сцепления почв.

Трущиеся пары	№ опыта	Сила		Напряжения		Угол трения φ	Коэф. Трения f
		Нормальная N , (Н)	Касательная T , (Н)	Нормальное σ , (кг/см ²)	Касательное τ , (кг/см ²)		
Чернозем	1	9,8	4,41	2,45	1,102	24	0,45
	2	19,6	8,88	4,9	2,205	24	0,45
	3	19,6	8,88	4,9	2,205	24	0,45
Песок	1	9,8	4,41	2,45	1,102	24	0,45

	2	19,6	4,41	4,9	1,102	38	0,775
	3	39,2	19,6	9,8	4,9	38	0,775

Приложение 2

Результаты опытов зависимости качества гребень от скорости движения органа окучника КРН 4,2 и КРН 4,2М.

Названия	Высота гребня	Скорость v км/ч					
		2	4	6	8	10	12
КРН 4,2М	h	15	26	53	90	140	200
КРН 4,2	h	30	75	130	200		

Приложение 3

Результаты опытных исследований по определению влияния глубины обработки и скорости поступательного движения различных рабочих органов на их энергетические показатели.

Наименования машин	Наименования орудий				
	Скорость движения м/с				
	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3
	Глубина обработки $a=0,08$ м				
КРН 4,2	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19
КРН 4,2 М	0,07	0,08	0,10	0,13	0,17
	Продольное перемещение, $a=0,08$ м				
КРН 4,2	0,18	0,22	0,23	0,26	0,27
КРН 4,2 М	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21

	Продольное перемещение, $\alpha=0,11$ м				
КРН 4,2	0,22	0,23	0,28	0,31	0,33
КРН 4,2 М	0,17	0,21	0,22	0,25	0,27
	Поперечное перемещение, $\alpha = 0,05$ м				
КРН 4,2	0,23	0,27	0,28	0,33	0,32
КРН 4,2 М	0,18	0,21	0,23	0,27	0,29
	Поперечное перемещение, $\alpha = 0,08$ м				
КРН 4,2	0,24	0,28	0,30	0,32	0,36
КРН 4,2 М	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34
	Поперечное перемещение, $\alpha = 0,11$ м				
КРН 4,2	0,26	0,29	0,33	0,36	0,40
КРН 4,2М	0,25	0,28	0,31	0,35	0,37