

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А.КОСТЫЧЕВА»**

*На правах рукописи*



**Даниленко Жанна Валерьевна**

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ**

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
***Шемякин Александр Владимирович***

Рязань – 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Состояние рассматриваемого вопроса	9
1.1 Технологии возделывания пропашных культур	9
1.2 Технологические особенности возделывания пропашных культур на постоянных гребнях почвы	11
1.3 Агротехнические особенности возделывания пропашных культур на формируемых гребнях почвы	12
1.4 Агротехнические предпосылки к вопросу исследования рабочих органов для окучивания картофеля	15
1.5 Анализ способов подготовки поля и формирования гребней почвы	18
Выводы по главе 1	39
2 Теоретические исследования культиваторов для окучивания картофеля с пассивными рабочими органами	42
2.1 Предпосылки к исследованию движения почвы по окучивающему рабочему органу	42
2.2 Конструктивно технологическая схема секции окучника	45
2.3 Теоретические исследования движения почвы по рабочей поверхности окучника	48
2.4 Автоматизация расчета угловой скорости ротора окучника	56
Выводы по главе 2	61
3. Лабораторно – полевые исследования	62
3.1 Объекты исследования	62
3.2 Методика обработки опытных данных	62
3.3. Методика исследований и получение опытных данных	65
3.4 Исследования экспериментального рабочего органа	67
Выводы по главе 3	71
4. Производственная проверка в хозяйственных условиях	72

4.1. Методика исследований и обработка опытных данных	72
4.2. Крошение почвы	73
4.3. Забиваемость экспериментального окучника растительными остатками и почвой	75
4.4. Энергетические показатели окучивающих рабочих органов	76
Выводы по главе 4	77
5. Оценка экономического эффекта предлагаемого окучника с устройством для мульчирования	79
Вывод по главе 5	82
Заключение	85
Библиографический список	86
Приложения	100

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы исследования**

В современных условиях аграрного производства в Российской Федерации наблюдается устойчивый рост интереса к картофелеводству, что обусловлено как расширением внутреннего спроса, так и активизацией перерабатывающей промышленности. Интенсификация отрасли сопровождается внедрением высокопродуктивных сортов и совершенствованием технологий, однако сохраняются и значимые агротехнические вызовы, связанные с качеством почвенной подготовки и механизацией процессов. На этом фоне возрастает необходимость научно обоснованного анализа факторов, определяющих эффективность выращивания данной культуры [5, 8].

Картофель, занимая вторую позицию в иерархии возделываемых сельскохозяйственных культур, представляет собой важнейшее сырьё для перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса. Данная культура отличается высокой биологической продуктивностью: с одного гектара посадок извлекается в 2,5–3 раза больше питательных веществ, чем при выращивании зерновых культур, что, однако, обуславливает возросшие требования к агрофизическим свойствам почвы, режиму удобрений, обеспеченности влагой и тепловому балансу.

Несмотря на наличие широкого спектра машин и рабочих органов для окучевания картофельных посадок, большинство применяемых образцов не способны в полной мере формировать мелкокомковатую, структурированную гряду, необходимую для эффективной реализации гребневой технологии возделывания. Плотная, комковатая почвенная среда существенно ограничивает развитие корневой системы картофеля. Напротив, оптимальные условия для его роста создаются при наличии рыхлой, мелкокомковатой, хорошо удобренной почвы, характеризующейся высокой воздухопроницаемостью, способностью пропускать и аккумулировать влагу,

а также быстро прогреваться и удерживать тепло при суточных колебаниях температуры, особенно в ночной период. Только при таком сочетании агрофизических факторов корневая система формируется полноценно, что определяет интенсивное образование клубней и обеспечивает высокую урожайность [6, 7, 41, 49].

В условиях механизированного возделывания картофеля качественная подготовка почвы приобретает первостепенное значение, поскольку определяет эффективность функционирования машинных агрегатов на всех технологических этапах — от ухода за растениями до работы картофелеуборочных комплексов [1, 9, 35, 36, 57, 74].

**Степень разработанности темы.** Вопросам повышения эффективности возделывания и уборки картофеля посвящены работы известных отечественных и зарубежных учёных, таких как А.Ю. Измайлова, Я.П. Лобачевского, А.С. Дорохова, А.Г. Пономарева, А.В. Сибирева, М.Н. Чаткина, Б.Г. Зиганшина, В.И. Старовойтова, О.А. Старовойтовой, В.Ф. Купряшкина, М.Ю. Костенко, И.А. Успенского, В.И. Курдюмова, Е.С. Зыкина, П.И. Гаджиева, Д.Т. Халиуллина, С.Г. Мударисова и др.

Вопросы обоснования параметров устройства для междурядной обработки картофеля, являются актуальными.

**Цель исследования** - обоснование параметров устройства для междурядной обработки картофеля.

**Задачи исследования.** Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- проанализировать существующие технологии окучивания картофеля с рассмотрением процессов возделывания и средств механизации для их осуществления;
- теоретически обосновать параметры устройства для междурядной обработки картофеля;
- экспериментально уточнить параметры устройства для междурядной обработки картофеля;

- определить экономический эффект от применения устройства для междурядной обработки картофеля.

**Объектом исследования** – процесс окучивания картофеля с мульчированием поверхности гребня.

**Предмет исследования** – параметры окучника с устройством для мульчирования поверхности гребней, позволяющие получить качественное окучивание по сравнению с аналогичными конструкциями.

**Научная новизна:**

– теоретически обоснованные и экспериментально уточнённые параметры окучника с устройством для мульчирования поверхности гребней с использованием информационных показателей об их значении при уходе за посадками картофеля;

- аналитические зависимости, позволяющие обосновать параметры окучивающего рабочего органа для пропашного культиватора.

**Теоретическая значимость работы** заключается в совершенствовании технологии окучивания и мульчирования гребней картофеля для пропашного культиватора посредством обоснования его параметров.

**Практическая значимость работы** заключается в применении культиватора-окучника для картофеля с обоснованными параметрами, позволяющего получить качественное окучивание по сравнению с аналогичными конструкциями:

- создание мелкокомковатой структуры почвы в гребне, сохраняющей влажностно-температурный режим в гребне в процессе вегетации картофеля;

- повышение урожайности картофеля по сравнению с серийными рабочими органами за счёт создания мелкокомковатой структуры в гребне.

**Методология и методы исследования.**

В работе при решении задач по обоснованию параметров окучивающего рабочего органа с устройством для мульчирования гребней картофеля использовались методы системного анализа, математического моделирования методики планирования экспериментов, а также методики, приведенные в

СТО АИСТ 1.17-2010, ГОСТ 24055-2016, ГОСТ Р 54783- 2011, ГОСТ 20915-2011, ГОСТ 34631-2019.

**Положения, выносимые на защиту:**

- схема окучника с мульчирующим устройством, по которой изготовлен образец культиватора, который при окучивании гребней осуществляет одновременное мульчирование их поверхности в одной секции культиватора;
- зависимости для обоснования параметров окучника с устройством для мульчирования;
- результаты внедрения предложенного окучника с устройством для мульчирования.

**Достоверность результатов исследований подтверждается:**

- достаточным объёмом теоретических исследований, проведенными экспериментами, с использованием разработанных и существующих методических рекомендаций, ГОСТов, и современного оборудования;
- сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, проверкой результатов в лабораторных исследованиях и производственных условиях с внедрением полученных результатов исследований в производство.

**Реализация результатов исследования.**

Результаты работы подтверждаются актом внедрения в ООО «Жито» Рязанского района Рязанской области и справкой об использовании материалов диссертационной работы в учебном процессе ФГБОУ ВО РГАТУ.

**Личный вклад соискателя** состоит в обосновании параметров окучивающего рабочего органа с устройством для мульчирования поверхности гребня, непосредственном участии во всех этапах разработки, при проведении экспериментальных исследований в производственных условиях ООО «Жито» Рыбновского района Рязанской области.

**Апробация работы.**

Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на Всероссийской научно-практической конференции,

посвящённой 84-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), г. Рязань, 2023.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе, 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены 2 патента РФ на полезную модель, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Общий объем публикаций соискателя составляет 5,28 усл. п.л., в т. ч. доля соискателя - 3,7 усл. п.л.

### **Структура и объем диссертации**

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций производству и списка литературы из 84 наименований, 5 приложений, изложена на 106 страницах текста, содержит 38 рисунков, 8 таблиц.

# 1 СОСТОЯНИЕ РАССМАТРИВАЕМОГО ВОПРОСА

## 1.1 Технологии возделывания пропашных культур

Современный рынок сельскохозяйственной техники предлагает обширный выбор оборудования для эффективной обработки почвы и возделывания культур. Как российские, так и зарубежные производители представляют широкий спектр машин и орудий, направленных на реализацию прогрессивных технологий земледелия [10, 24].

«Современная сельскохозяйственная отрасль демонстрирует, что не существует единого подхода к выращиванию сельскохозяйственных культур. Каждая культура требует индивидуального технологического решения, которое определяется двумя важнейшими параметрами: спецификой самой культуры - её биологическими особенностями и требованиями к условиям произрастания и природными условиями - характеристиками почвы и климатическими особенностями региона» [19].

«В условиях интенсификации современного растениеводства повышается внимание к технологическим схемам размещения пропашных культур, поскольку традиционная система возделывания на выровненной поверхности поля, несмотря на её широкую применимость, не всегда обеспечивает оптимальные параметры микроклимата и почвенной среды» [19]. Результаты агрофизических и агротехнологических исследований указывают на высокую эффективность гребневой технологии, создающей благоприятный тепловой режим, улучшенную аэрацию корнеобитаемого слоя и рациональное распределение влаги.

Анализ морфогенеза пропашных культур показывает, что при одинаковых сроках посева растения, размещённые на гребнях, характеризуются более активным развитием вегетативных органов, что связано с особенностями архитектоники корневой системы. Корни преимущественно концентрируются внутри гребня, не выходя в зону междурядий, что снижает риск их повреждения при выполнении механизированных агротехнических операций. Это позволяет проводить

междурядные культивации на увеличенную глубину, эффективно разрушая почвенную корку, стабилизируя агрофизическое состояние пахотного горизонта и снижая интенсивность испарения почвенной влаги [48, 63]. Данное технологическое решение способствует поддержанию длительной рыхлости почвы и формированию оптимального водно-воздушного режима в период критических фаз роста растения.

Следует отметить, что важное преимущество гребневого способа заключается в том, что структура почвы сохраняется в оптимальном состоянии на протяжении всего периода вегетации - от момента посева до сбора урожая.

Ключевые особенности данного подхода заключаются в повышенной рыхлости почвенного слоя в гребнях, минимальной уплотняемости при атмосферных осадках, естественной аэрации корневой системы растений. Благодаря этим характеристикам отпадает необходимость в дополнительном ручном рыхлении почвы. Это не только экономит время и трудовые ресурсы, но и снижает риск повреждения корневой системы, сохраняет целостность почвенной структуры, уменьшает затраты на обработку почвы, повышает общую эффективность агротехнических мероприятий. Этот метод обеспечивает естественное поддержание оптимальных условий для развития растений без дополнительных механических воздействий на почву [38].

Гребневый метод получил широкое распространение в современном земледелии всех регионов Российской Федерации, стран СНГ, а также за рубежом и успешно применяется для возделывания различных сельскохозяйственных культур, в том числе пропашных [61].

Из представленного анализа следует, что для пропашных культур существуют два основных подхода к возделыванию по гребневой технологии: системой постоянных гребней и временных. «Каждый из этих методов имеет свои технологические особенности и применяется в зависимости от конкретных производственных условий, типа почвы и климатических факторов. Оба подхода доказали свою эффективность и широко используются

в современной земледелии, позволяя оптимизировать процесс возделывания пропашных культур» [19].

## **1.2 Технологические особенности возделывания пропашных культур на постоянных гребнях почвы**

Применение метода возделывания пропашных культур на постоянных гребнях существенно упрощает процесс подготовки поля к посеву, исключая необходимость проведения целого комплекса агротехнических мероприятий. Отпадает потребность в обработке почвенного слоя как с оборотом пласта, так и без него. Не требуются предварительная обработка стерневого фона, рыхление почвы и дробление комьев с последующим выравниванием поверхности поля.

«Технология возделывания пропашных культур на постоянных гребнях почвы не получила широкого распространения по нескольким причинам:

- широкое применение гербицидов, что снижает урожайность возделываемой культуры и отрицательно влияет на окружающую среду и на здоровье рабочих;
- ежегодное уплотнение почвы в междурядьях;
- усложнение конструкций сеялок из-за дополнительных приспособлений;
- разрушение гребней почвы в процессе вегетации растений от несовпадения колеи колес опрыскивателей и колес комбайнов при уборке урожая с междурядьями гребней почвы» [19].

«Несмотря на определенные сложности, использование технологии возделывания пропашных культур на постоянных гребнях обладает рядом существенных достоинств:» [19]

- снижение энергозатрат на обработку почвы благодаря минимизации количества технологических операций;
- улучшение водно-воздушного режима в зоне размещения корневой системы растений;

- защита от переувлажнения при обильных осадках за счет естественного стока воды по междурядьям;
- оптимизация теплового режима почвы в весенний период [47];
- предотвращение эрозионных процессов благодаря сохранению растительного покрова в междурядьях;
- сохранение структуры почвы и защита от уплотнения при механизированных работах;
- повышение эффективности использования удобрений и влаги;
- ускорение созревания культур за счет более высокой температуры почвы на гребнях.

Таким образом, на выбор технологии, количества и состава выполняемых операций влияет множество факторов: топографические особенности участка, включая угол наклона поверхности, агротехнические аспекты севооборота и подбор предшествующих культур, состояние поля в части наличия сорной растительности, водный режим и способность почвы сохранять влагу в верхнем слое, температурный режим прогревания почвенного горизонта, механический состав и тип почвы на участке, материально-техническая база предприятия, включая имеющийся парк сельскохозяйственной техники [82].

### **1.3 Агротехнические особенности возделывания пропашных культур на формируемых гребнях почвы**

«В процессе механической подготовки поля применяются следующие основные операции:

1. Основная обработка почвы - первая и наиболее глубокая обработка после уборки предшествующей культуры» [19]. Существует два основных способа: отвальный способ - включает оборачивание, частичное перемешивание, рыхление и крошение обрабатываемого слоя, и безотвальный способ - глубокое рыхление без оборачивания слоев, особенно эффективен в степных и засушливых районах;

2. Лушение стерни - обработка почвенного слоя на глубину 6–16 см, осуществляемая с использованием лемешных и дисковых луцильников, характеризуется формированием разрыхлённого мульчирующего горизонта, обладающего специфической агрофизической структурой. «В процессе выполнения данной операции происходит механическое разрушение и устранение сорной растительности, а также создаются условия, обеспечивающие технологическую подготовленность почвы к последующим видам механизированных обработок» [18, 19].

3. «Культивация – специальная обработка почвы перед посевом, направленная на создание оптимального семенного ложа» [18, 19].

4. Щелевание - нарезка щелей поперек склона для накопления влаги. Глубина щелей составляет 40-70 см, ширина 3-5 см, расстояние между щелями 70-140 см.

5. Боронование – «обработка верхнего слоя почвы для сохранения влаги, приведение почвы в мелкокомковатое состояние и уничтожение сорняков. Проводится ранней весной с использованием зубовых и игольчатых борон» [19].

Все эти операции направлены на создание оптимальных условий для роста сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почвы.

Структура почвы формируется посредством применения механизированных агрегатов, конструктивно оснащённых разнообразными типами рабочих органов, которые в агротехнической классификации подразделяются на активные и пассивные. Эти рабочие органы функционируют по различным принципам взаимодействия с почвенной средой, что определяет характер и интенсивность воздействия на формируемый гребень. К активным рабочим органам относятся фрезы, сферические диски и щитки. Фрезы устанавливаются вертикально и горизонтально. Сферические диски могут быть сплошными и вырезными. Щитки используются для смещения почвы/

К пассивным рабочим органам относят плоские диски, гребнеобразующие плиты, окучники и многоярусные стрелчатые лапы. Плоские диски применяются на предварительно обработанных почвах. Гребнеобразующие плиты формируют гребни путем смещения почвы. Окучники используются для создания гребней и последующего окучивания. Многоярусные стрелчатые лапы эффективно работают на почвах с влажностью 20-30%.

Из анализа диссертации Зыкина Е.С. [19] «гребневые технологии возделывания пропашных культур на вновь создаваемых гребнях почвы не получили широкого распространения по нескольким важным причинам:

- использование гербицидов сплошного действия до посева и избирательного действия при уходе за посевами создает дополнительные технологические трудности в процессе возделывания;

- формирование гребней в весенний период до посева приводит к ухудшению качества подготовки почвы и задержке сроков посева, что негативно влияет на урожайность;

- многократные предпосевные и межгребневые обработки значительно увеличивают энергозатраты и эксплуатационные расходы» [19];

- сложные конструкции посевных машин, включающие дополнительные элементы для срезания вершин гребней и стабилизаторы, ограничивают скорость работы и увеличивают продолжительность посевной кампании;

- при заделке семян происходит частичное разрушение гребней из-за давления цилиндрических катков только на верхнюю часть, что ухудшает качество посевов;

Несмотря на определенные сложности, использование метода возделывания пропашных культур на искусственно созданных почвенных гребнях имеет ряд значимых достоинств:

- эффективное проветривание почвы благодаря особой форме гребней, обеспечивающее здоровый микроклимат;

- грамотное распределение влаги, исключая ее застаивание и переувлажнение;
- ускоренное прогревание верхнего почвенного слоя, что особенно важно в начале вегетации;
- удобство механизации - легкий доступ техники к посадкам без повреждения растений;
- целевая подкормка - возможность точного внесения удобрений непосредственно в зону корневой системы [32];
- быстрая вегетация - сокращение периода от всходов до созревания урожая;
- увеличение продуктивности - создание идеальных условий для развития растений и формирования высокого урожая.

Выбор метода возделывания почвы с предварительным формированием гребней (осенью или весной) или с созданием гребней одновременно с посевом зависит от множества факторов: уклон поверхности поля, севооборот, засорённость поля, тип почвы и др.

Таким образом, «цель возделывания сельскохозяйственных культур — повысить урожайность растений и одновременно снизить затраты на технологию. Этого можно достичь за счёт совершенствования севооборотов, оптимизации технологических операций с учётом климатических условий и уровня засорённости поля, а также использования инновационных сельскохозяйственных машин» [19, 78].

#### **1.4 Агротехнические предпосылки к вопросу исследования рабочих органов для окучивания картофеля**

Процесс высаживания картофеля представляет собой сложный агротехнический комплекс, направленный на поддержание параметров почвенной и биологической среды, обеспечивающих полноценное функционирование растений на протяжении всего вегетационного периода. В условиях индустриализированного картофелеводства данный комплекс базируется на сочетании механизированных операций, таких как боронование

и окучивание, с химическими способами воздействия, включающими применение препаратов для контроля вредителей, фитопатогенов и сорной растительности.

В практике современного агропроизводства обозначилась тенденция к сокращению объёма механических междурядных обработок, что достигается посредством высококачественной предпосадочной подготовки почвы и использования гербицидов почвенного и довсходового действия [23]. Основные технологические операции концентрируются преимущественно в довсходовый период, что позволяет более эффективно регулировать состояние посевов. Агротехнологические схемы предусматривают рациональное сочетание механизированных и химических методов подавления сорняков, применение широкозахватных междурядных культиваторов, оснащённых активными рабочими органами, а также использование комбинированных агрегатов, объединяющих несколько операций в едином технологическом цикле [20, 43].

«При уходе за посадками в отличие от западноевропейских технологий предусмотрена двукратная, а при необходимости даже трехкратная междурядная обработка посадок культиватором гребнеобразователем. Это позволяет значительно сократить нормы гербицидов, а также, учитывая содержание влаги в почве, формировать необходимый профиль гребня. При благоприятных условиях необходимо формировать полный профиль, а в засушливый год – широкие низкие гребни, а обработку вести с целью уничтожения сорняков» [19].

Шамониным В.И. «были проведены лабораторно-полевые исследования с применением традиционной (с применением культиватора КНО-2,8) и предлагаемой технологии (с применением экспериментального культиватора-глубококорыхлителя КОР-2,8 конструкции ИАЭП-ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). В результате проведенных исследований определены оптимальные агросроки (от 10-12 дней между обработками) проведения междурядных обработок картофеля в зависимости от показателей водно-воздушного режима

почвы (влажности, плотности и пористости) в гребне и количество этих обработок в зависимости от погодных условий (в среднем 3-4 раза, а при переувлажнении почвы или в засушливый период до 5-6 раз за сезон) при оптимальной глубине рыхления междурядий (10-15 см) в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы». [79, 80]

«Применение КОР-2,8 обеспечивает обработку почвы на всю глубину пахотного слоя и позволяет добиться существенного улучшения водно-воздушного режима почвы в гребне по сравнению с культиватором КНО-2,8». [79]

Согласно Молякко А.А. [39] «при агротехническом уходе за посадками товарного картофеля на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве возможно сокращение междурядных рыхлений на одно до появления и на одно после появления всходов. Полное исключение междурядных рыхлений резко снижает урожайность картофеля. На фоне гербицида Зенкор возможно их сокращение в 2 раза, но только до или после появления всходов» [39]

На алювиальных почвах среднего Поволжья рекомендуется проведение двукратной междурядной обработки посадок картофеля увеличивая при этом урожай картофеля на 7,4...9,5 %.

«В современных технологиях возделывания картофеля весной проводится сплошное фрезерование почвы на глубину 12...14 см вертикально-фрезерным культиватором. Затем производится посадка картофеля, а через 12-15 дней формирование высокообъемных грядок горизонтально-фрезерным культиватором. При этом фрезерным четырехрядным гребнеобразователем формируется трапециевидный гребень с параметрами: высота 23-25 см, ширина по основанию 75 см, по верху 15-17 см. Верхний слой почвы на вершине и по бокам гребня уплотняется и приглаживается кожухом гребнеобразователя, в результате чего создается устойчивая поверхность для гербицидной пленки. Объем почвы в гребне дает возможность продолжительное время сохранять оптимальный запас влаги даже в засушливые периоды, в то же время высота и форма гребня дают возможность

избежать избытка влаги при переувлажнении. Для борьбы с сорняками возможны повторные проходы гребнеобразователем, пока растения не достигнут 20 см» [19].

### **1.5 Анализ способов подготовки поля и формирования гребней**

#### **ПОЧВЫ**

«По виду технологических операций выделяют основную отвальную и безотвальную обработку почвы, дискование (лушение), культивацию, фрезерование, боронование, прикатывание, нарезку гребней почвы» [19].

«В практике современного земледелия каждая из перечисленных операций выполняет строго определённую агротехническую функцию, обеспечивая создание оптимальных условий для роста и развития культур, чувствительных к структуре пахотного слоя и характеру поверхности поля. Способы подготовки почвы и формирования гребней подбираются в зависимости от биологических особенностей возделываемой культуры, уровня засорённости участка, глубины расположения корнеобитаемого слоя, а также погодных условий текущего сезона, что определяет необходимость адаптивного подхода» [19].

Отвальная обработка с применением плугов с предплужниками используется преимущественно на средних и тяжёлых почвах для глубокого рыхления, уничтожения многолетних сорняков и инверсии растительных остатков. Такая обработка способствует улучшению аэрации и активизации процессов минерализации органического вещества. Однако во многих хозяйствах увеличивается доля безотвальных технологий с использованием плоскорезов, чизельных и paraplow-рыхлителей, позволяющих сохранять мульчирующий слой стерни и предотвращать эрозионные процессы. Безотвальные агрегаты обеспечивают вертикальное рыхление без образования оборота пласта, благодаря чему сохраняется естественная структура почвы, поддерживается благоприятный водный баланс и улучшается биологическая активность.

Дискование и лущение выполняются дисковыми боронами и мульчирующими катками, которые эффективно измельчают растительные остатки, частично заделывая их в верхний слой. Эта операция особенно востребована при технологиях, ориентированных на минимизацию количества проходов техники и сохранение почвенного покрова. Мелкодисковое рыхление облегчает последующие операции по нарезке гребней, формируя структурно более однородный верхний горизонт. На лёгких и среднесуглинистых почвах данная технология улучшает накопление влаги, а при проведении ранней осенней обработки способствует заделке семян сорняков на неглубокую глубину, что обеспечивает их последующие массовые всходы и уничтожение весенними культивациями.

Культивация, выполняемая лаповыми или стрельчатыми культиваторами, служит основным способом предпосевной подготовки почвы, обеспечивая выравнивание поверхности поля и разрушение комков. При подготовке участка под гребневую технологию культивация создаёт однородный рыхлый слой, необходимый для формирования устойчивых гребней. Особенно важным элементом является точный контроль глубины обработки, поскольку чрезмерное заглубление приводит к избыточным потерям влаги, а недостаточное — к формированию плотного ложа, затрудняющего механизированную посадку. В последние годы широкое распространение получили культиваторы со спиральными и пружинными рабочими органами, обеспечивающие более щадящее воздействие на структуру почвы и позволяющие работать на полях с высоким содержанием растительных остатков.

Фрезерование выполняется на овощных севооборотах и при подготовке полей под картофель, где требуется создание мелкокомковатой структуры верхнего слоя. Фрезы с активными ножами обеспечивают интенсивное перемешивание и рыхление почвенной массы, позволяя формировать ровный и равномерный по плотности слой толщиной 10–18 см. Эта технология эффективна на почвах, склонных к образованию крупных комков, особенно

при весенней обработке после зимнего переувлажнения. Комбинирование фрезерного модуля с гребнеобразующими секциями позволяет выполнять формирование гребней в один проход, что существенно снижает общую энергоёмкость обработки [25, 46].

Боронование и прикатывание применяются на заключительных этапах подготовки почвы. Боронование способствует разрушению корки и выравниванию микрорельефа, а прикатывание кольчато-шпоровыми катками создаёт уплотнённое посевное ложе, обеспечивающее капиллярный подъём влаги к зоне семян [56]. Данная технологическая пара особенно востребована при ранневесенних сроках посадки на лёгких супесчаных почвах, где риск избыточного испарения влаги максимален.

Формирование гребней почвы является ключевой операцией в системах возделывания картофеля, овощей открытого грунта и некоторых корнеплодных культур. Современные гребнеобразователи оснащаются регулируемыми формирующими щитками, позволяющими варьировать параметры гребня в зависимости от требований посадочной техники и особенностей культуры [62]. Наиболее распространённые профили гребней включают трапецевидный, полукруглый и комбинированный, каждый из которых обеспечивает определённый режим прогрева и аэрации. На тяжёлых почвах формирование высоких гребней требует предварительного глубокого рыхления чизельными агрегатами для устранения уплотнённых горизонтов и создания благоприятного подгребневого слоя [10].

В производственных условиях всё шире внедряются гребнеобразующие технологии с использованием комбинированных машин, совмещающих рыхлители, выравниватели, фрезы и формирующие секции. Такие агрегаты работают по принципу одномоментного рыхления, измельчения, перемешивания и формирования, что обеспечивает высокую однородность гребней и их устойчивость к осыпанию. Одновременно такие технологии позволяют значительно сократить количество проходов по полю, уменьшить тяговую нагрузку и снизить энергоёмкость обработки [66, 70].

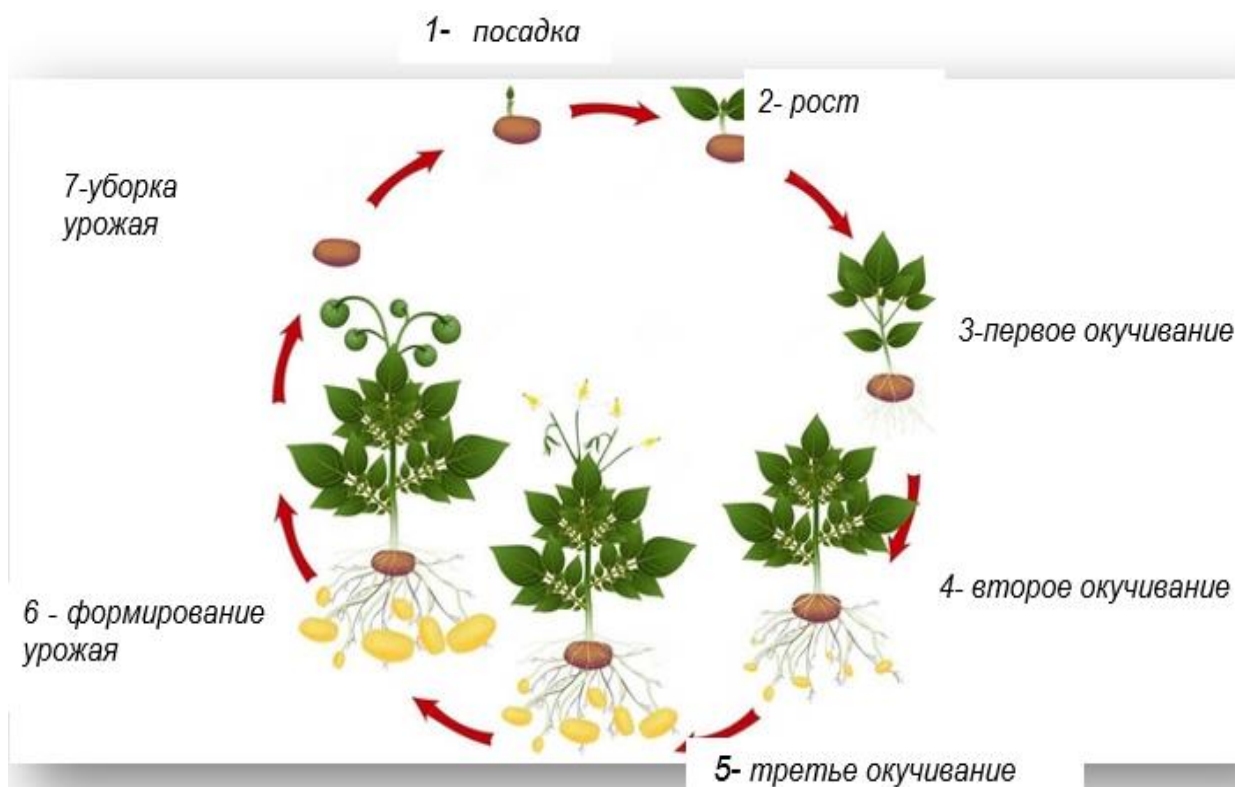


Рисунок 1.1 – Циклы развития и роста картофеля

«Фрезерование обеспечивает эффективное рыхление и крошение почвы. Это улучшает её аэрацию и позволяет достичь оптимального механического состава. Почва равномерно перемешивается с минеральными веществами и растительными остатками по всей глубине обработки. Поверхность поля выравнивается, а пахотный слой качественно подготавливается для посева. Кроме того, фреза способствует уничтожению сорняков — они разрезаются и перемешиваются в почве» [19].

«Для перемешивания почвы используют фрезерные, роторные, лопастные, спиральные и шнековые рабочие органы почвообрабатывающих машин и орудий (рисунки 1.2 - 1.10)». [19]

«Культиватор-гребнеобразователь КОЛНАГ КПП-4 (рис. 1.2) предназначен для междурядной обработки почвы пассивными рыхлящими рабочими органами с одновременным формированием объемных гребней. Он выпускается в модификациях для междурядий 75 и 90 см, а также модель с перенастраиваемой шириной междурядья 70-75 см.» [19, 60]



Рисунок 1.2 Культиватор-гребнеобразователь КОЛНАГ КПП-4

«Культиватор-гребнеобразователь КОЛНАГ КПП-4 обеспечивает экологичный и бережный способ борьбы с сорняками. Его возможно дооборудовать комплектом для удаления сорняков. Этот культиватор агрегируется с тракторами мощностью не менее 80 л.с., а в исполнении 4х90 с тракторами мощностью от 120 л.с.» [19, 60]

«Однако, применение культиватора КПП-4 ограничено легкими и средними почвами» [29, 60].

Культиватор-гребнеобразователь RUMPTSTAD RSF 2000 (рис. 1.3) предназначен для создания прочных гряд, равномерных на всем протяжении поля, стойких к размыву.



Рисунок 1.3 Фрезерный культиватор-гребнеобразователь RUMPTSTAD RSF 2000

Созданный объем рыхлой почвы в грядках сохраняется в течение всего периода вегетации и обеспечивает наилучшие условия для получения максимального урожая овощных культур.

Окучник специальной формы создает ровную форму гряды. Конструкция выполнена со съемными клапанами в верхней части для возможности обработки проросших растений. Механизм перемещения и регулирования высоты окучника обеспечивает требуемые параметры гряды.

«Культиватор-гребнеобразователь КОЛНАГ «ИКСИОН» (рис. 1.4) предназначен для междурядного рыхления почвы, уничтожения сорняков и формирования высокообъемных гребней после посадки картофеля. Применяется до появления всходов высотой 5-7 см. Выпускается в модификациях для междурядий 75 и 90 см.» [19, 28, 60]



Рисунок 1.4 Культиватор-гребнеформирователь КОЛНАГ ИКСИОН [60]

«Привод рабочих органов культиватора-гребнеобразователя КОЛНАГ «ИКСИОН» осуществляется через цепной боковой редуктор. Одноступенчатый редуктор обеспечивает число оборотов рабочего вала, подходящее для большинства видов почв.» [30]

«Чаще всего применяется на легких и средних почвах. Возможно применение культиватора для сплошной предпосевной обработки почвы. Модель культиватора-гребнеобразователя КОЛНАГ «ИКСИОН» 4x75

агрегатируется с тракторами мощностью от 80 л.с., модель КОЛНАГ «ИКСИОН» 4х90 с тракторами мощностью от 120 л.с.» [19, 60].

На рис. 1.5 представлена конструктивно-технологическая схема культиватора-гребнеобразователя AVR Ge-Force HD, отражающая его основные функциональные элементы и принципы работы. Культиватор-гребнеобразователь AVR Ge-Force HD представляет собой высокотехнологичную и производительную почвообрабатывающую машину, предназначенную для выполнения предпосевных и междурядных агротехнических операций, применяемых на различных этапах формирования посадок картофеля — до момента посадки, в процессе её осуществления и на последующих стадиях [3].

Конструктивные особенности фрезерных культиваторов нового поколения обеспечивают возможность работы как в режиме сплошной обработки, направленной на предпосевное формирование однородного почвенного слоя, так и в режиме междурядного рыхления, предусматривающего создание плотного трёхмерного гребня с агрофизическими характеристиками, соответствующими биологическим требованиям картофельной культуры [26, 40].



Рисунок 1.5 Культиватор гребнеформирователь AVR GE-FORCE HD

Рабочие органы культиватора обеспечивают крошение почвенных комков и предотвращают последующее их формирование, снижая уровень

примесей в собранном урожае. Ключевой конструктивной особенностью культиватора-гребнеобразователя AVR Ge-Force HD является наличие шестерёнчатого редуктора, обеспечивающего возможность его агрегатирования с высокомошными энергонасыщенными тракторами, превышающими 250 л. с., что позволяет поддерживать стабильный режим работы и высокую производительность при выполнении почвообрабатывающих операций [68]. Горизонтально-фрезерные культиваторы, или горизонтальные фрезы [50, 52, 53] (рис. 1.6), разработаны для осуществления почвенной обработки при механическом контроле сорной растительности, а также для проведения «предпосевной подготовки почвы без предварительного выполнения основной вспашки. На ротор могут быть установлены изогнутые под прямым углом или закругленные ножи, направленные к друг другу или в противоположные стороны. Для идеальной предпосевной подготовки почвы почвофрезы могут быть укомплектованы ротором с прямыми ножами или зубьями, вместо стандартных изогнутых ножей. В этом случае роторные культиваторы оснащаются специальным задним щитком для лучшего выравнивания почвы и задним прикатывающим катком (трубчатым, игольчатым, шпоровым или спиралевидным), который усиливает финальное выравнивание и создает легкое уплотнение верхнего слоя почвы» [4].



Рисунок 1.6 Культиватор горизонтально-фрезерный CELLI ROTARY HOE – PIONEER 170

«Редуктор оснащается передачами для увеличения скорости вращения ротора (обычно выше 300 об/мин). Горизонтально-фрезерные культиваторы применяются для сплошной предпосевной подготовки почвы на глубину до 30 см (без активного перемешивания горизонтальных слоев почвы) с последующим выравниванием и прикатыванием» [4].

Окучиватель картофеля СТЕП (рис. 1.7) — это совершенно новый агрегат для гребнеобразования на больших площадях, он способен за один проход сделать 4 полных гребня и 2 на половину которые перекрываются за вторым проходом, что позволит ускорить процесс окучивания.



Рисунок 1.7 Окучиватель Степ КГ-5

Преимущества Speed Ridger (рис. 1.8) в уникальной системе перераспределения веса. Подав давление на гидроцилиндр, соединенный с третьей точкой навески, вес трактора переносится на пластины гребнеформирователя.



Рисунок 1.8 Культиватор - гребнеобразователь AVR Speed Ridger

Благодаря этой системе машина требует минимального тягового усилия и позволяет экономить топливо до 30 %.

Со снятыми прикатывающими пластинами между формирователями Speed Ridger может создавать гребень с рыхлой почвой на плоской поверхности: внутрь таких гребней скорее проникает дождевая вода, повышая уровень влаги в почве. Возможно проводить обработку по более высоким всходам без риска повредить растения.

Гребнеобразователь DF 3000 от компании GRIMME (рис. 1.9) предназначен для формирования гребней при возделывании корнеплодов и других культур. Это устройство обычно используется в сочетании с картофелеуборочными комбайнами и другими аграрными машинами [67, 73].

Ширина захвата составляет около 3 метров, что позволяет быстро обрабатывать большие площади.



Рисунок 1.9 Культиватор-гребнеобразователь GRIMME DF 3000

Гребнеобразователь позволяет регулировать высоту и форму гребней, что помогает оптимизировать условия для растений в зависимости от характеристик почвы и климатических условий.

Устройство может быть легко интегрировано с различными тракторными системами, что делает его универсальным.

Гребнеобразователь Weremczuk серии MR (рис. 1.10) представляет собой специализированное агрегатируемое орудие, конструктивно ориентированное на формирование рядовых борозд высотой до 25 см на предварительно подготовленной почвенной поверхности. Качественные параметры создаваемого гребня в значительной степени определяются уровнем предпосевной подготовки, при которой почва должна быть глубоко разрыхлена, очищена от комков и растительных остатков, обеспечивающих равномерность формирования профиля.



Рисунок 1.10 Гребнеобразователь Weremczuk MR-4

Важным функциональным элементом конструкции является активный профильный каток, осуществляющий обкатку гребней и их поверхностное упрочнение. Работая в режиме контролируемого буксования, каток формирует уплотнённый поверхностный слой мощностью 2–4 см, тогда как внутренний объём гребня сохраняет рыхлую мелкокомковатую структуру. Упрочнённый слой придаёт гребню характерную арочную форму, обеспечивающую повышенную устойчивость к механическим и атмосферным воздействиям на протяжении всего периода вегетации; прочность сформированных гребней столь высока, что они не деформируются под массой человека.

Агрегат серии MR устанавливается на заднюю навесную систему трактора. Основными рабочими узлами являются сошники, выполняющие первичное формирование почвенной массы, и активный вал, участвующий в окончательном придании геометрии борозды и её поверхностном уплотнении [69].

«Наиболее распространенным технологическим приемом формирования гребней почвы является смещение почвы с оборотом пласта пассивными и ротационными рабочими органами (рисунки 1.11 – 1.18). В зависимости от необходимых размеров гребней почвы наибольшее применение из пассивных рабочих органов с оборотом пласта получили окучники и многоярусные стрельчатые лапы, наименьшее применение – лемешноотвальные корпуса.» [19]

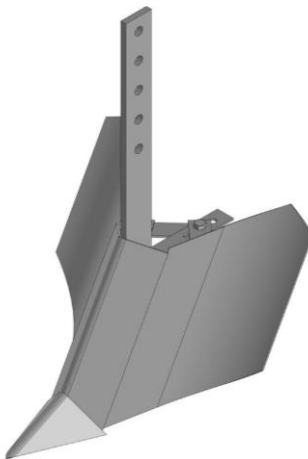


Рисунок 1.11 Окучник с регулируемыми пластинчатыми отвальными крыльями

**Основные характеристики:**

- **Ширина захвата крыльев:** регулируется в диапазоне 180-440 мм
- **Глубина окучивания:** настраивается от 215 до 230 мм
- **Габаритные размеры:** 375x440x550 мм
- **Вес:** 13 кг

**Функциональные особенности:**

- Создает две параллельные борозды одновременно
- Производит рыхление почвы
- Присыпает землю к нижним частям растений
- Имеет ручную регулировку параметров работы

**Конструктивные преимущества:**

- Специальная форма рамы для повышенной прочности
- Усиленные замки для надежной фиксации
- Лемех проходит дополнительную термическую обработку, что

увеличивает его износостойкость

- Возможность настройки ширины междурядий под конкретные культуры
  - Подходит для работы с различными пропашными культурами
- Окучник позволяет эффективно выполнять работы по обработке почвы, при этом обеспечивая возможность точной настройки под конкретные условия и типы растений. Регулируемые отвальные крылья дают возможность адаптировать инструмент под различные агротехнические требования [2].



Рисунок 1.12 Окучник с не регулируемыми пластинчатыми плоскими крыльями

**Конструктивные особенности:**

- **Крыльевая система** состоит из фиксированных плоских пластин
- **Лемех** выполнен в классической форме с постоянной шириной захвата
- **Сцепное устройство** для крепления к мотоблоку
- **Стальная конструкция** повышенной прочности

**Функциональное назначение:**

- Формирование гребней при посадке картофеля
- Окучивание посаженных культур
- Рыхление почвы между рядами
- Создание борозд для посева

**Преимущества использования:**

- Минимальное сопротивление грунта при работе
- Равномерное распределение почвы по бокам грядок
- Стабильность параметров обработки

- Простота конструкции и надежность в эксплуатации

Данный окучник является надежным и эффективным инструментом для обработки небольших и средних участков, обеспечивая стабильное качество работы при соблюдении технических требований эксплуатации.



Рисунок 1.13 Окучник с вырезными крыльями

**Конструктивные особенности:**

- **Раздвижные вырезные крылья** с регулируемым радиусом разворота
- **Стойка** с сечением 10 x 36 мм
- **Количество отверстий** для регулировки в стойке - 6 штук
- **Прочная конструкция** из высококачественной стали

**Технические характеристики:**

- **Габаритные размеры:**
- Длина: 390 мм , ширина: 220 мм, высота: 460 мм
- **Максимальная глубина обработки:** до 150 мм
- **Регулируемая ширина захвата:** от 270 до 430 мм

**Функциональное назначение:**

- Нарезание борозд под посадку
- Окучивание почвы (рыхление с приваливанием почвы к растениям)
- Формирование грядок различной ширины

- **Обработка междурядий**

Окучник с вырезными крыльями является универсальным инструментом для обработки садовых и огородных участков, позволяющим адаптировать ширину обработки под конкретные задачи и культуры [33, 59].



Рисунок 1.14 Многоярусный окучник со стрельчатыми лапами

**Конструктивные особенности:**

- **Трехсекционная конструкция** с не зависимыми рабочими органами
- **Стрельчатые лапы** в количестве 3 штук
- **Долотообразные лапы** в количестве 6 штук
- **Прочная система навески** категории 2
- **Высокий дорожный просвет** - 300 мм
- **Надежное крепление** для интенсивной эксплуатации

**Технические характеристики:**

- **Рабочая ширина:** 1500 мм
- **Глубина обработки:** до 150 мм
- **Производительность:** 0,75-1,2 га/час
- **Масса:** 120 кг
- **Рабочая скорость:** 5-8 км/ч
- **Транспортная скорость:** до 25 км/ч
- **Обслуживающий персонал:** 1 человек

**Функциональные возможности:**

- Подкормка растений минеральными удобрениями
- Удаление сорняков
- Рыхление междурядий на заданную глубину
- Довсходовая и послевсходовая обработка междурядий
- Окучивание и культивация растений
- Нарезка гребней
- Боронование по всходам
- Формирование гряд заданной высоты

Данный окучник является профессиональным оборудованием для средних и крупных хозяйств, позволяющим выполнять широкий спектр почвообрабатывающих работ с высокой производительностью и качеством обработки [71, 72, 83].



Рисунок 1.15 Гребнеобразователь дисковый IMAC

**Основные характеристики:**

- **Количество элементов:** 3
- **Вес:** 220 кг (двухрядный), 320 кг (четырёхрядный)
- **Габариты:**
- **Длина:** 135 см, **ширина:** 200 см (двухрядный), 350 см (четырёхрядный), **высота:** 115 см
- **Необходимая мощность трактора:** 22-36 кВт
- **Регулируемое расстояние между рядами:** 60-90 см
- **Производительность:**

- Двухрядный: 0,45-0,9 га/час
- Четырехрядный: 0,9-1,8 га/час

**Дополнительные особенности:**

- **Каждый элемент оснащен:**
- 3 вибрирующими пружинами
- Опорным колесом
- **Тип навески:** трехточечная, категория 1

**Дополнительное оборудование:**

- Механическое внесение микрогрануляторов
- Механическое внесение удобрений
- Дисковый ручной маркер ряда
- Гребнеобразователь-уплотнитель

**Преимущества:**

- Высокая производительность
- Возможность регулировки расстояния между рядами
- Удобная складная конструкция (для четырехрядного)
- Надежная система креплений
- Эффективная работа благодаря вибрирующим пружинам

Данное оборудование является специализированным и предназначено для формирования гребней и прополки при выращивании сельскохозяйственных культур.

Грядообразователь роликовый RUMPTSTAD RSRR [17] является специализированным сельскохозяйственным оборудованием, предназначенным для формирования грядок, которые используются для эффективных посадки и ухода за культурами. Этот агрегат позволяет экономить время и ресурсы, а также улучшать структурное состояние почвы.

Грядообразователь оснащен несколькими роликами, которые создают правильные грядки с необходимой шириной и высотой. Это позволяет улучшить дренаж и обеспечить оптимальные условия для роста растений.

RSRR может иметь механизм регулировки ширины грядок, что позволяет адаптироваться под различные условия и требования сельскохозяйственных культур. [17, 21]



Рисунок 1.16 Гребнеобразователь роликовый RSRR [17]

**Особенности конструкции:**

- Может использоваться как самостоятельное орудие с трехточечной навеской
- Является дополнительным оборудованием к культиватору Ge-Force с валом для сплошной обработки
- Формирует гряды с высокой плотностью структуры
- Созданные гряды выдерживают вес взрослого человека

**Варианты агрегатирования:**

- С трехточечной навеской:
- Тракторы тягового класса 1.4
- Минимальная мощность: 80 л.с.
- С культиватором Ge-Force:
- Тракторы тягового класса 2.0-3.0
- Минимальная мощность: 120 л.с.

**Преимущества:**

- Универсальность использования (возможность работы как самостоятельно, так и в составе комплекса)
- Высокая плотность формируемых гряд

- Надежность конструкции
- Возможность работы с различными типами тракторов



Рисунок 1.17 Дисковые рабочие органы пропашного культиватора

Особенность конструкции позволяет регулировать наклон оси дисков к стенке гребня и направлению движения.



Рисунок 1.18 Культиватор-грядообразователь окучник КГО-3,0

Культиватор предназначен для подготовки гряд, междурядной обработки и окучивания четырехрядных посевов кукурузы (на зерно), картофеля, моркови и других пропашных культур с междурядьями 70 и 75 см.

**Основные функции:**

- Подготовка предпосевных гряд с прокладкой технологической колеи и подготовкой семенного ложа
- Междурядная обработка с использованием всего комплекса рабочих органов
- Окучивание посевов

### **Технические характеристики:**

- Производительность: 1,7-2,1 га/ч
- Ширина захвата: 2,8 м
- Количество обрабатываемых рядков: 4
- Ширина междурядий: 70-75 см
- Глубина обработки: 4-14 см
- Высота гряд: 8-30 см
- Рабочая скорость: 7,5 км/ч
- Транспортная скорость: 20 км/ч
- Габаритные размеры в транспортном положении:
  - Длина: 2600 мм
  - Ширина: 3700 мм
  - Высота: 2800 мм
  - Масса: 1050 кг

### **Агрегатирование:**

Культиватор работает с тракторами тягового класса 1,4.

Оборудование позволяет эффективно выполнять все необходимые операции по подготовке почвы и уходу за посевами пропашных культур, обеспечивая качественную обработку с возможностью регулировки основных параметров под конкретные задачи агротехники.

Проанализировав широкий спектр методик предварительной подготовки пахотных угодий, применяемых в современных агротехнологиях, представляется возможным констатировать, что при возделывании пропашных культур на ровной, лишённой выраженного микрорельефа поверхности, формирование оптимальных условий для роста и развития растений предполагает строго регламентированную последовательность технологических операций. К числу наиболее значимых относятся глубокая или средняя вспашка, направленная на разуплотнение почвенного профиля и создание благоприятного водно-воздушного режима; дискование, обеспечивающее измельчение растительных остатков и выравнивание

верхнего горизонта; культивация, служащая для дополнительного рыхления и уничтожения сорной растительности; а также боронование, способствующее формированию более мелкокомковатой структуры и закрытию влаги. Каждая из данных операций, выполняемая в определённой технологической логике, вносит вклад в комплексное улучшение агрофизических характеристик почвы, создавая предпосылки для равномерных всходов и последующей устойчивой продуктивности пропашных культур.

В тех случаях, когда агротехнологический регламент предусматривает формирование гребнистого профиля на поверхности поля, что особенно актуально для культур, предъявляющих повышенные требования к температурному режиму корнеобитаемого слоя и к организации поверхностного стока, применяются специализированные механизированные средства. В первую очередь используется однооперационная техника, оснащённая пассивными рабочими органами, функционирование которых основано на преобразовании структуры почвы за счёт воздействий без активного вращательного движения. К таким средствам относятся корпуса плугов, позволяющие формировать глубокие гребни путём инверсии пласта; окучники различных конструктивных модификаций, обеспечивающие подгребание рыхлого почвенного материала к растению или формирование заготовительных гребней; гребнеобразующие плиты, позволяющие задавать форму и высоту создаваемых гребней; а также плоские щитки, используемые для финишного профилирования поверхности и придания ей желаемой геометрической конфигурации.

Наряду с однооперационными агрегатами в современной аграрной практике всё более широкое применение находят комбинированные и многофункциональные почвообрабатывающие средства, позволяющие в рамках одного технологического прохода реализовать несколько операций [44, 51]. Такие агрегаты могут включать почвообрабатывающие фрезы [26, 37], конструктивно совмещённые с гребнеобразующими плитами, что обеспечивает интенсивное крошение почвы, её структурирование и

последующее формирование гребней заданного профиля. «Широко применяются также культиваторы, оснащённые плоскими и сферическими дисками, которые создают различные режимы воздействия на почвенную массу и позволяют добиться оптимального баланса между рыхлением, перемешиванием и выравниванием. Дополнительно используются почвообрабатывающие комплексы с ротационными и роторными рабочими органами» [18, 19], характеризующиеся высокой активностью воздействия и способностью эффективно разрушать уплотнённые слои, создавая рыхлую мелкокомковатую структуру, необходимую для качественного формирования гребней [42].

Таким образом, весь спектр применяемых технических средств и технологических операций направлен на достижение рациональной пространственной организации почвенного профиля, обеспечивающей благоприятные условия для роста пропашных культур. Используемые способы обработки варьируются в зависимости от агрохимических свойств почвы, требований конкретной культуры и особенностей технологического процесса, что обуславливает необходимость тщательного подбора оборудования и последовательности операций при подготовке посевного поля [27].

### **Выводы по главе 1**

В первой главе данной работы рассматривается широкий комплекс агротехнических и технологических аспектов, определяющих эффективность возделывания пропашных культур, а также анализируются средства механизации, применяемые для выполнения основополагающих операций обработки почвы. Уже на уровне базовых технологических приемов — таких как основная обработка, лушение стерни, предпосевная культивация, щелевание и боронование — прослеживается стремление к созданию оптимальных условий для роста растений и повышению устойчивости агрофизических свойств почвенного профиля. Основная обработка, будь то отвальная или безотвальная, выступает ключевым этапом формирования

структуры пахотного горизонта, обеспечивая его рыхление, оборачивание или глубокое крошение, что подробно отражено в исследованиях, посвящённых выбору оптимального способа воздействия на почву в различных природно-климатических условиях.

Особое внимание уделяется лущению стерни, создающему разрыхлённый мульчирующий слой, способствующий подавлению сорной растительности и формированию условий для качественной предпосевной подготовки. Культивация, как завершающий этап подготовки «семенного ложа», обеспечивает необходимую выровненность и степень рыхлости почвы, что, согласно литературным данным, является обязательным условием для равномерного распределения влаги и беспрепятственного прорастания семян. «Все перечисленные операции объединены общей целью — максимизация урожайности при одновременном снижении энергетических и эксплуатационных затрат, что подчёркивается многими авторами современных агротехнических исследований.

Существенным элементом первой главы является анализ применяемых машин и агрегатов, среди которых рассматриваются как однооперационные, так и комбинированные средства механизации. Выбор конкретного типа оборудования определяется типом почвы, её плотностью, влажностью и структурными особенностями. Формирование гребнистого профиля поверхности поля, необходимого при возделывании пропашных культур, осуществляется с использованием рабочих органов различного типа — пассивных либо ротационных, что подтверждается исследованиями целого ряда авторов, изучавших параметры и эксплуатационные свойства гребнеобразователей, окучников и комбинированных культиваторов» [18, 19].

Важной тенденцией, отмечаемой в научных источниках, является переход от универсальных технологий к адаптивным системам обработки, где конструкция рабочего органа определяется конкретными условиями эксплуатации и физико-механическими характеристиками почвы [65]. Комплексный подход, предполагающий согласование технологического

процесса и параметров машинного оборудования, позволяет минимизировать разрушение структуры почвы, снизить сопротивление движению рабочих органов и повысить общую энергетическую эффективность агрегатов [64].

## **ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТИВАТОРОВ ДЛЯ ОКУЧИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ПАССИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

### **2.1. Предпосылки к исследованию движения почвы по окучивающему рабочему органу**

В современном агротехническом производстве, характеризующемся возрастающими требованиями к эффективности механизированных процессов и ресурсоэкономичности применяемых средств, проблема совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих машин приобретает особую актуальность [31, 34, 84]. Особенно значимой она становится в условиях возделывания пропашных культур, технологический процесс которых предполагает целый комплекс операций, направленных на формирование гребня, поддержание его устойчивой конфигурации и создание благоприятного почвенного режима в прикорневой зоне растений. Именно в этом контексте возникает необходимость глубокого изучения процессов взаимодействия почвы с рабочими органами окучников, что предопределяет важность исследования закономерностей движения почвенной массы по их поверхностям.

Переосмысление теоретических подходов, накопленных в смежных областях механики почвы и сельскохозяйственного машиностроения, позволяет сформировать те методологические предпосылки, которые являются основой для анализа работы окучивающих устройств. Классические положения теории лемешно-отвальной поверхности, разработанные Л. В. Гячевым и получившие широкое признание в инженерной практике, занимают в данном процессе ключевое место. Согласно этому фундаментальному научному направлению, движение пласта почвы по поверхности отвала определяется сочетанием факторов, включающих форму рабочего органа, связность частиц почвы, скорость поступательного движения агрегата и

характер сил, действующих на частицу в процессе её отделения и последующего перемещения. Эти положения, впервые сформулированные применительно к плужному корпусу, обладают высокой степенью универсальности, что позволяет адаптировать их к анализу механики взаимодействия рабочих органов окучников с почвенной массой.

Несмотря на то что конструктивные особенности окучивающего рабочего органа значительно отличаются от плужного отвала, природа протекающих процессов во многом аналогична. Почва, подрезаемая передней частью окучника, также претерпевает сложные деформационно-кинематические преобразования: она разрушается на отдельные фракции, перемещается по криволинейной поверхности и укладывается в виде формируемого гребня. Однако, в отличие от плуга, где основной задачей является оборот пласта, окучник должен обеспечить поднятие почвы, её перераспределение по боковым стенкам гребня и формирование устойчивой структуры поверхностного слоя. Эти процессы требуют значительно более точного расчёта геометрии рабочего органа, поскольку любое искажение траектории движения почвы способно привести к разрушению гребня, чрезмерному уплотнению почвенной массы либо к её осыпанию в борозду.

Следует отметить, что развитие технологий возделывания пропашных культур, зафиксированное в многочисленных научных работах, привело к существенному усложнению требований к окучивающим рабочим органам. В настоящее время они должны обеспечивать не только стабильное формирование гребня, но и эффективное крошение почвы, поддержание оптимального соотношения рыхлой и уплотнённой фракций, а также защиту корневой системы от неблагоприятных внешних воздействий. Эти требования формируют объективную необходимость анализа кинематики движения почвенной массы в зоне воздействия рабочего органа, поскольку именно характер движения частиц определяет качество и устойчивость создаваемой структуры [11].

В качестве методологической основы исследования в данной работе используется аналогия с процессом перемещения почвенного пласта по поверхности отвала по теории Л. В. Гячева. Согласно ей, траектория движения отдельной частицы зависит от степени связности почвы, скорости взаимодействия с рабочим органом, величины сопротивления со стороны соседних частиц и конструкции поверхности, по которой осуществляется перемещение. В условиях работы окучивающего органа эти зависимости приобретают специфический характер: почва не только поднимается и перемещается, но и испытывает влияние центробежных и касательных сил, возникающих при взаимодействии с элементами сложной формы. В результате возникает необходимость уточнения теоретических моделей движения частиц с учётом рельефности, кривизны и направленности рабочих поверхностей окучника.

Особое значение в исследовании приобретают вопросы влияния скорости движения агрегата на характер траектории почвы. При малых рабочих скоростях почва имеет тенденцию смещаться преимущественно вдоль поверхности рабочего органа, сохраняя высокую связность и образуя более плотный, но менее равномерный гребень. При увеличении скорости возрастает вероятность разрушения пласта на отдельные фракции, что улучшает крошение, однако при недостаточной согласованности параметров рабочего органа может привести к неравномерному распределению почвы по гребню. Именно поэтому теоретическое обоснование траекторий движения почвенной массы позволяет определять оптимальные режимы работы окучника.

«При движении почвенной массы по поверхности окучивающего рабочего органа культиватора, происходящие при этом процессы подобны процессам движения пласта почвы, по отвалу плужного корпуса разработанного Л.В. Гячевым, которую можно использовать применительно к предлагаемому окучнику. Согласно его теории, траектория движения отрезанного почвенного пласта и частиц по отвалу зависит от степени

связности пласта и скорости движения окучивающего корпуса. Согласно теории Л.В. Гячева, процессы, происходящие при соответствующей скорости вспашки зависят от формы поверхности отвала, воздействия сил на процесс отрезания стружки, от разрушения подрезанного пласта, связанного со степенью связности частиц в пласте. От этого зависят предельные траектории частицы пласта» [77].

«На траекторию движения пласта по поверхности отвала пласта влияет скорость движения окучника» [77].

«Окучник одновременно работает с пластом из рыхлой и твёрдой почвы. Но нижняя часть окучника работает только в нижнем плотном слое (рисунок 2.1)» [77].

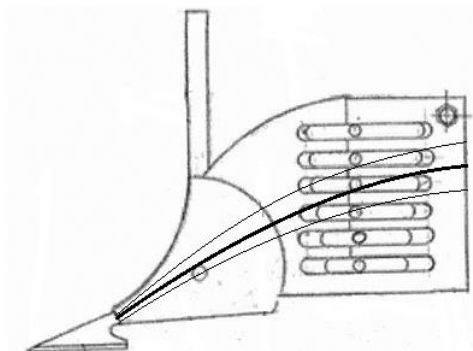


Рисунок 2.1 Относительные траектории частицы пласта к рабочей поверхности окучника в зависимости от поступательной скорости [77]

«При этом плотность почвы в междурядьях картофеля может, достигать значительных величин, связанных с уплотнением междурядий колёсами сельскохозяйственных машин» [77].

«На практике, в целях улучшения крошения почвы окучником на раму культиватора перед окучниками за колёсами трактора желательно устанавливать дополнительные рыхлители» [77].

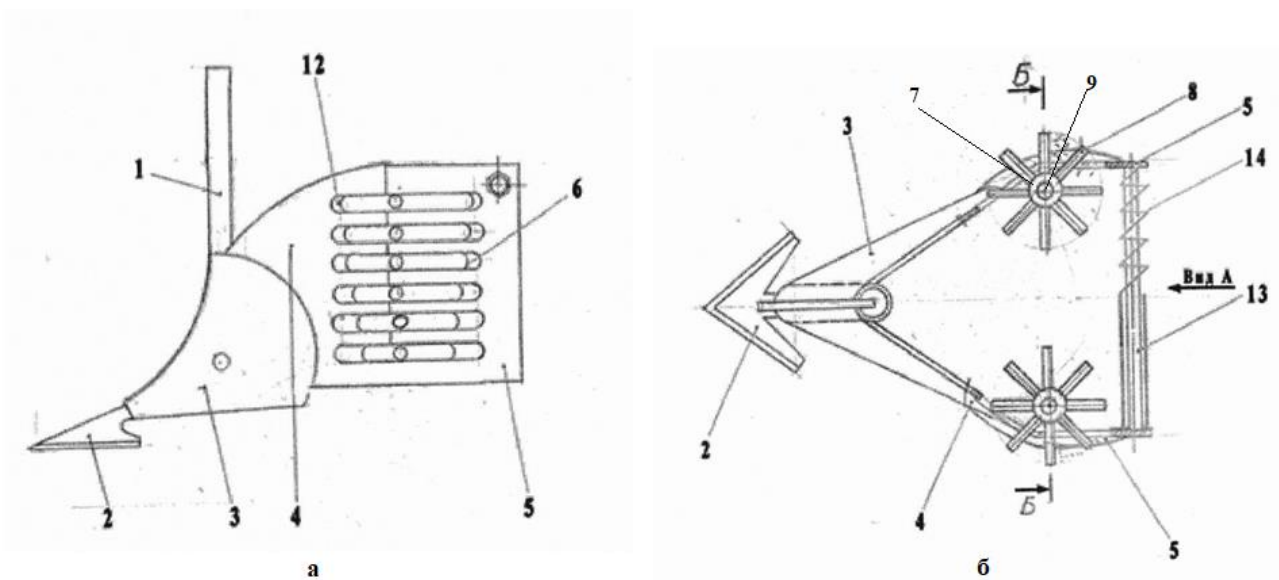
## **2.2 Конструктивно-технологическая схема секции окучника**

«Рабочий орган окучника (рисунок 2.2) содержит криволинейную стойку 1 со стрелчатой лапой 2, корпуса 3 и отвалы 4. Отвалы 4 изготовлены с закрылками 5. За корпусом 3 установлены измельчающие устройства 6, изготовленные в виде вращающихся дисков 7 с жестко закрепленными

пальцами 8 и установленными на оси 9, которые закреплены за отвалами 4 на закрылках 5 в верхней и нижней части опорами 10 и 11. Ось 9 измельчающего устройства установлена под углом  $\alpha$  к закрылкам 5 корпуса 3 окучника. Закрылки 5 корпуса 3 выполнены с прорезями 12, изготовленными с шагом, равным удвоенному диаметру пальцев 8 измельчающего устройства. Между закрылками 5 установлена регулировочная штанга 13.» [54, 55, 58]

«Пальцы 8 изготовлены разной длины (рисунок 2.2). В верхней части измельчающего устройства 6, ближе к опоре 10 пальцы 8 изготовлены с большей длиной, а в нижней части ближе к опоре 11 пальцы 8 изготовлены с меньшей длиной. Измельчающее устройство 6 изготовлено в виде конусной части. Пальцы 8 в верхней части измельчающего устройства 6 ближе к опорам 10 перемещаются по прорезям 12 и выступают за наружную поверхность закрылков 5 до 5 см. Пальцы 8 в нижней части измельчающего устройства 6 ближе к опорам 11 перемещаются по прорезям 12 и выступают за наружную поверхность закрылков 5 до 2 – 5 см.» [58]

Между закрылками 5 установлена штанга 13, снабженная пружиной 14.



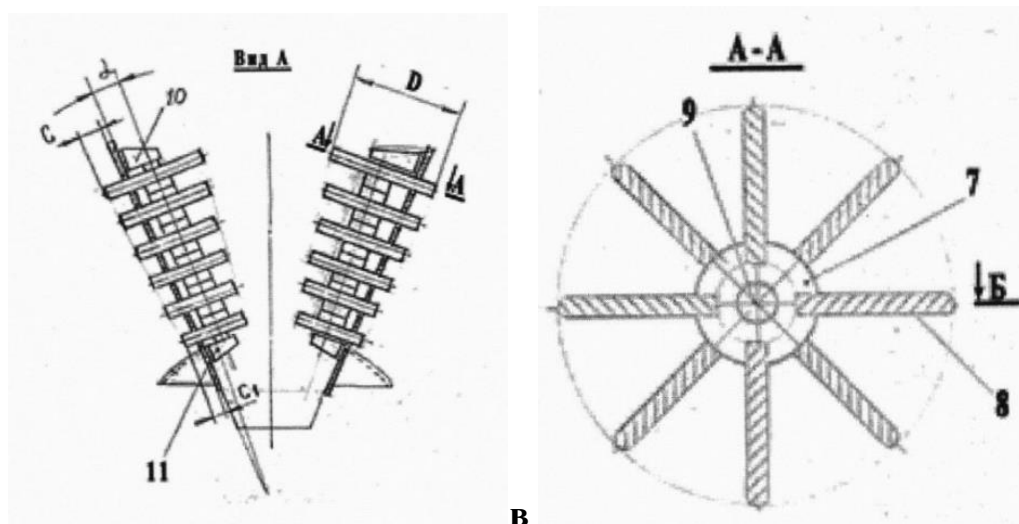


Рисунок 2.2 - Схема рабочей секции и измельчающих устройств культиватора окучника

«Рабочий орган окучника работает следующим образом. При движении рабочего органа окучника в междурядьях картофеля стрельчатая лапа 2, закрепленная на стойке 1, подрезает слой почвы в середине междурядья. Слой почвы подается на корпус 3 и перемещается на отвалы 4 и закрылки 5. Слой почвы измельчается корпусом 3, отвалами 4, закрылками 5 и отводится в стороны, образуя гребень. После воздействия отвалов 4 и закрылков 5 на почву, почвенные не разрушенные комки скатываются с боковых поверхностей гребней в междурядья. Для измельчения почвенных комков за корпусом 3 установлены измельчающие устройства 6. Пальцы 8, жестко закрепленные на дисках 7, воздействуют на боковую поверхность гребней и перемещаются по прорезям 12, вращая диски 7, установленные на осях 9. В верхней части измельчающего устройства 6 пальцы 8, имеющие большую длину  $L_{\text{макс}}$ , выступают за наружную поверхность закрылков 5 и измельчают не только почвенные комки, а также активно рыхлят боковую поверхность гребней на глубину до 5 см.» [77].

«В нижней части измельчающего устройства 6 пальцы 8, имеющие меньшую длину  $L_{\text{мин}}$ , измельчают почвенные комки и активно рыхлят боковую поверхность гребней на глубину до 2 см. Вращающиеся пальцы 8 измельчающего устройства 6 не только измельчают почвенные комки, активно

рыхлят боковую поверхность гребней, а также вычесывают корни сорных растений.» [77].

«В случае не прямолинейности расположения гребней картофеля, закрылки 5, преодолевают сжатие пружин 14, размещенных на штанге 13 и копируют неровности боковых поверхностей гребней.» [77].

### 2.3 Теоретические исследования движения почвы по рабочей поверхности окучника

«В соответствии с агротребованиями к культиваторам для окучивания картофеля, он должен делать почву рыхлой, ровным слоем почвы толщиной порядка 8 см на весь гребень с приваливанием почвы его к стеблям картофеля. Высота гребней при окучивании должна составлять до 25 см. Как видно из рисунка 2.3 на поперечный профиль грядок, а именно на высоту и ширину, влияет высота и ширина смежных междурядий». [77].

«Допустим, что почва поднимается из междурядья, тогда увеличение поперечного сечения гребня при окучивании обозначим  $S_1$ , а изменение поперечного сечения борозды  $S_2$ » [77].

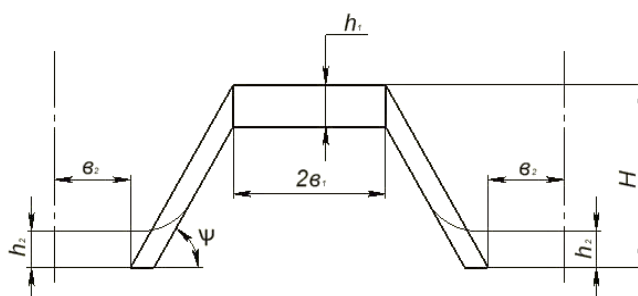


Рисунок 2.3 - Изменение поперечного профиля, после прохода окучника [77]

«Изменение поперечного сечения гребня при окучивании  $S_1$  определится выражением (без учёта рыхления почвы): [77]

$$S_1 = 2b_1h_1 + 2h_1H \sin \psi = 2h_1(b_1 + H \sin \psi), \quad (2.1)$$

где  $h_1$  – увеличение высоты гребня, м;

$H$  – высота гребня после прохода окучника, м;

$2b_1$  – ширина верхушки гребня, м;

$\psi$  – угол естественного откоса гребня» [77].

«Изменение поперечного сечения борозды, которая выбирается окучником и используется на образование рыхлой насыпной верхней части грядки определяется как [77]:

$$S_2 = 2b_2h_2 + \frac{1}{2}h_2h_2 \sin \psi = h_2(2b_2 + \frac{1}{2}h_2 \sin \psi) \quad (2.2)$$

где  $2b_2$  – ширина борозды после прохода окучника, м;  
 $h_2$  – глубина борозды после прохода окучника, м» [77].

«Приравняв площади изменения поперечного сечения гребня и борозды, получим выражение

$$2h_1(b_1 + H \sin \psi) = h_2(2b_2 + \frac{1}{2}h_2 \sin \psi) \quad (2.3) [77]$$

Тогда высоту гребня можно определить из выражения (2.3)

$$H = \frac{h_2(2b_2 + \frac{1}{2}h_2 \sin \psi) - 2h_1b_1}{2h_1 \sin \psi} \quad (2.4) [77]»$$

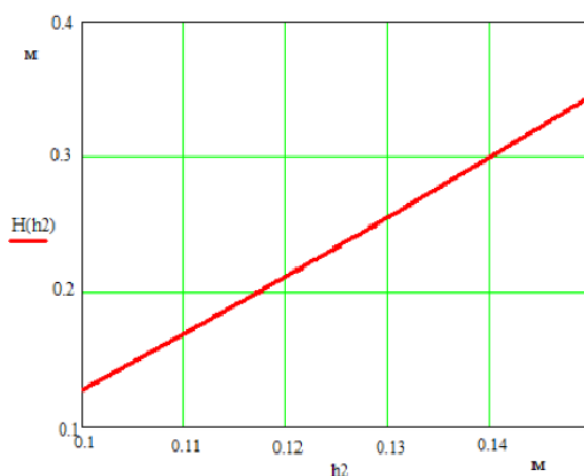


Рисунок 2.4 - Изменение высоты гребня от глубины борозды после прохода окучника [77]

«Анализируя поперечный профиль грядок (рис. 2.3), можно отметить, что высота грядки после картофелесажалки составляет  $H_1 = 15$  см,  $b_1 = 8$  см,  $h_1 = 6$  см, то глубина хода окучника должна составлять  $10 \div 12$  см». [77]

«Крылья окучника являются поверхностями, которые формируют гребень и направляют почвенные потоки на надземную часть растений картофеля. При этом движение почвы идёт по крылу окучника с учетом силы сопротивления движению, силы трения и силы тяжести (рис. 2.5)» [77].

«Рассмотрим движение почвы по рабочей поверхности окучника. На частицу почвы действуют сила тяжести, сила сопротивления и сила трения. Введем следующие допущения [77]:

1. Окучник движется с постоянной скоростью.
2. Кривизна рабочих поверхностей окучника на пути частицы почвы незначительна и ей пренебрегаем.
3. Рабочие поверхности окучника представляют собой клин с углом атаки  $\gamma$  и углом наклона к горизонту  $\alpha$ .» [77]

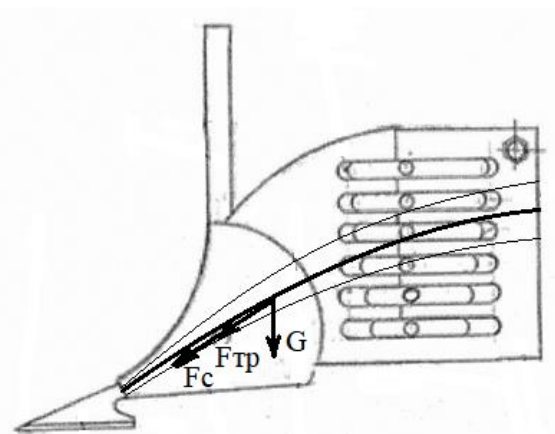


Рисунок 2.5 – Расчетная схема исследования движения почвы по поверхности окучника [77]

«Уравнение движения частицы почвы на рабочей поверхности окучника, массой  $m_{\text{п}}$  запишем в виде [77]

$$\begin{cases} m_{\text{п}} \frac{d^2x}{dt^2} = -F_{\text{тр}x} - F_{cx} \\ m_{\text{п}} \frac{d^2y}{dt^2} = -m_{\text{п}}g \sin(\alpha) - F_{\text{тр}y} - F_{cy} \end{cases} \quad (2.5)$$

где  $m_{\text{п}}$  - масса частицы почвы, кг;

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

$\alpha$  – угол наклона поверхности окучника к горизонту;

$F_c$  – сила сопротивления движению частицы почвы, Н;

$F_{\text{тр}}$  – сила трения частицы почвы о поверхность окучника, Н» [77].

«Величина силы сопротивления движению частицы почвы определяется выражением [77]

$$F_c = \mu \frac{ds}{dt} = \mu V \quad (2.6)$$

где  $\mu$  – коэффициент сопротивления движению, Н\*с/м;

$s$  – путь, пройденный частицей почвы, м;

$V$  – скорость частицы почвы на поверхности окучника, м/с» [77].

«Сила трения частицы почвы о поверхность окучника определится выражением [77]

$$F_{тр} = f m_n g \cos(\alpha) \quad (2.7)$$

где  $f$  – коэффициент трения частицы почвы о поверхность окучника» [77].

«Запишем выражение (2.5) с учетом значений, входящих в него величин (2.6) и (2.7) [77]

$$\begin{cases} m_{\pi} \frac{d^2x}{dt^2} = -f m_{\pi} g \cos \alpha \cos \beta - \mu V_x \\ m_{\pi} \frac{d^2y}{dt^2} = -m_{\pi} g \sin \alpha - f m_{\pi} g \cos \alpha \sin \beta - \mu V_y \end{cases} \quad (2.8)$$

где  $\beta$  – угол подъема частицы почвы по поверхности окучника» [77]

«Перепишем выражение (2.8) в следующем виде [77]

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{-f g \cos \alpha \cos \beta - \frac{\mu}{m_{\pi}} V_x} = dt \\ \frac{dV_y}{-g \sin \alpha - f g \cos \alpha \sin \beta - \frac{\mu}{m_{\pi}} V_y} = dt \end{cases} \quad (2.9)$$

Проинтегрировав выражение (2.9), получим [77]

$$\begin{cases} -\frac{m_{\pi}}{\mu} \ln \left( f g \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\pi}} V_x \right) = t + C_1 \\ -\frac{m_{\pi}}{\mu} \ln \left( g \sin \alpha + f g \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\pi}} V_y \right) = t + C_2 \end{cases} \quad (2.10)»$$

«Для определения постоянных интегрирования подставим в выражение (2.10) начальные условия: при  $t=0$  начальная скорость почвы (скорость окучника)  $V_x = V_{0x}$ ;  $V_y = V_{0y}$ . » [77]

$$\begin{cases} C_1 = -\frac{m_{\pi}}{\mu} \ln \left( f g \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\pi}} V_{0x} \right) \\ C_2 = -\frac{m_{\pi}}{\mu} \ln \left( g \sin \alpha + f g \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\pi}} V_{0y} \right) \end{cases} \quad (2.11)$$

«С учетом постоянных интегрирования выражение (2.10) имеет вид [77]

$$\begin{cases} -\frac{m_{\Pi}}{\mu} \ln \left( \frac{fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_x}{fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x}} \right) = t \\ -\frac{m_{\Pi}}{\mu} \ln \left( \frac{g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_y}{g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y}} \right) = t \end{cases} \quad (2.12)$$

Потенцируя выражение (2.12), получим [77]

$$\begin{cases} \frac{fg \cos \alpha \cos \beta + V_x}{fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x}} = e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} \\ \frac{g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + V_y}{g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y}} = e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} \end{cases} \quad (2.13)$$

Выразим из выражения (2.13) величину скорости [77]

$$\begin{cases} V_x = \frac{-fg \cos \alpha \cos \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} + \frac{(fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x})}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} \\ V_y = \frac{-g \sin \alpha - fg \cos \alpha \sin \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} + \frac{(g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y})}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} \end{cases} \quad (2.14)»$$

«Согласно выражению (2.14), рассчитаем в программе Mathcad скорость частицы почвы при движении по поверхности окучника (рис. 2.6)» [77]

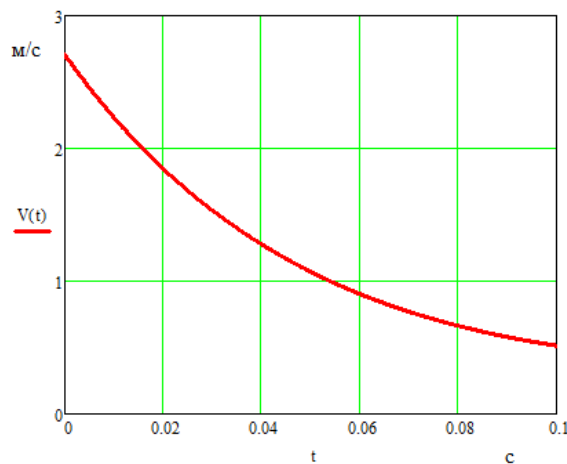


Рисунок 2.6 – Изменение скорости частицы почвы при движении по поверхности окучника [77]

«Анализ зависимости показал, что при движении почвы по рабочей поверхности окучника скорость окучника снижается более чем в 2 раза, с 2,5 м/с до 0,8 м/с. В тоже время при соприкосновении с гребнем скорость частиц отлична от нуля, что может приводить к осыпанию гребня из-за недостаточной прочности насыпанной почвы» [77].

Для определения закона движения частицы почвы, преобразуем выражения (2.14)

$$\begin{cases} dx = \frac{-fg \cos \alpha \cos \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} dt + \frac{(fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x})}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} dt \\ dy = \frac{-g \sin \alpha - fg \cos \alpha \sin \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} dt + \frac{(g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y})}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} dt \end{cases} \quad (2.15)$$

Проинтегрировав, имеем

$$\begin{cases} x = \frac{-fg \cos \alpha \cos \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} t + \frac{(fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} + C_3 \\ y = \frac{-g \sin \alpha - fg \cos \alpha \sin \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} t + \frac{(g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \cdot e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t} + C_4 \end{cases} \quad (2.16)$$

«Для определения постоянных интегрирования подставим в выражение (2.10) начальные условия: при  $t = 0$  начальная скорость почвы (скорость орудия)  $V_x = V_{0x}$ ;  $V_y = V_{0y}$ .» [77]

$$\begin{cases} C_3 = \frac{(fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \\ C_4 = \frac{(g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \end{cases} \quad (2.17)$$

«Подставим постоянные интегрирования в выражение (2.16) [77]

$$\begin{cases} x = \frac{-fg \cos \alpha \cos \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} t + \frac{(fg \cos \alpha \cos \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0x})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \cdot (1 + e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t}) \\ y = \frac{-g \sin \alpha - fg \cos \alpha \sin \beta}{\frac{\mu}{m_{\Pi}}} t + \frac{(g \sin \alpha + fg \cos \alpha \sin \beta + \frac{\mu}{m_{\Pi}} V_{0y})}{(\frac{\mu}{m_{\Pi}})^2} \cdot (1 + e^{-\frac{\mu}{m_{\Pi}} t}) \end{cases} \quad (2.18)»$$

«Согласно выражения (2.18) рассчитаем в программе Mathcad траекторию частицы почвы при движении по поверхности орудия (рис. 2.7)» [77]

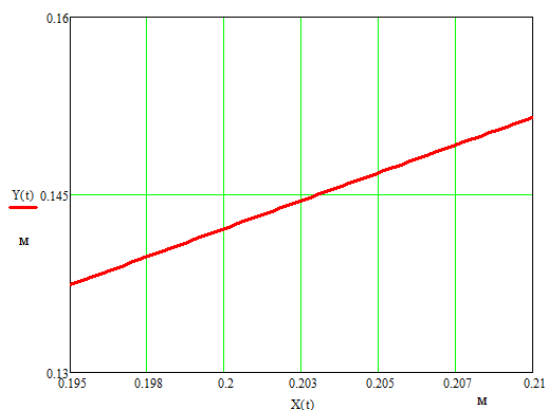


Рисунок 2.7 – Траектория движения почвы по поверхности окучника [77]

«Анализ рисунка показал, что на участке крыла окучника, почва движется по восходящей линии вплоть до ротора. Рассмотрим движение пальцев ротора (рисунок 2.8)». [77]

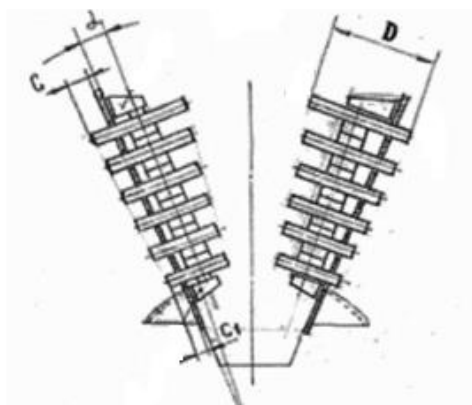


Рисунок 2.8 – Расчетная схема к определению характера движения роторов измельчителей культиватора окучника [77]

«При движении окучника ротор измельчитель соприкасается с нижней уплотненной частью гребня и получает момент вращения. Угловая скорость ротора определится выражением: [77]

$$\omega = \frac{\lambda \cdot V}{R_{min}} \quad (2.19)$$

где  $\omega$  – угловая скорость ротора, рад/с;

$V$  – скорость движения окучника, м/с;

$\lambda$  – коэффициент проскальзывания ротора;

$R_{min}$  – минимальный радиус ротора при соприкосновении с гребнем, м»

[77].

«Движение пальцев ротора описывается уравнением трохойды, учитывая, что пальцы ротора проникают в гребень на определенную глубину, уравнение трохойды будет выглядеть следующим образом [77]:

$$\begin{cases} x = R \cdot \varphi - h \cdot \sin \varphi \\ y = R - h \cos \varphi \end{cases} \quad (2.20)$$

где  $R$  – текущий радиус ротора, м;

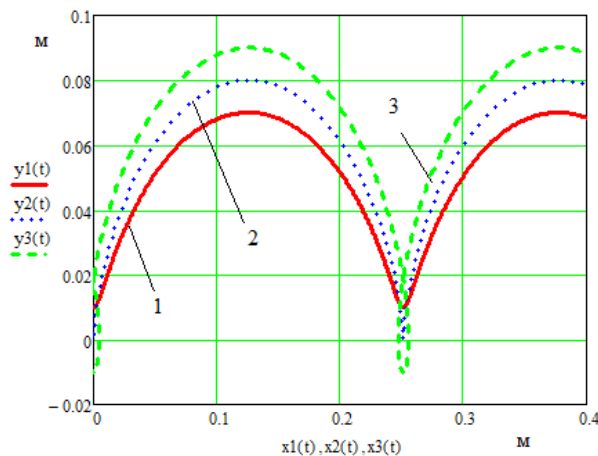
$\varphi$  – угол поворота ротора, рад;

$h$  - глубина погружения пальца ротора в гребень, м» [77].

«С учетом зависимости при постоянной угловой скорости  $\varphi = \omega \cdot t$ , имеем [77]

$$\begin{cases} x = R \cdot \frac{\lambda \cdot V}{R_{min}} \cdot t - h \cdot \sin\left(\frac{\lambda \cdot V}{R_{min}} \cdot t\right) \\ y = R - h \cos\left(\frac{\lambda \cdot V}{R_{min}} \cdot t\right) \end{cases} \quad (2.21)»$$

«Глубина погружения в гребень и диаметр пальца ротора определяют уплотнение стенок гребня. Согласно выражению (2.21), рассчитаем в программе Mathcad траекторию пальца ротора по поверхности гребня (рис. 2.9)» [77].



1 – глубина погружения пальца в гребень  $h = 0,03$  м; 2 – глубина погружения пальца в гребень  $h = 0,04$  м; 3 – глубина погружения пальца в гребень  $h = 0,05$  м

Рисунок 2.9 – Траектория движения пальца ротора по боковой поверхности гребня [77].

«Анализ рисунка 2.9 показал, что траектория движения пальца в почве определяется глубиной погружения пальца в гребень или величиной

выступания пальцев ротора в прорези отвала. Наибольшее воздействие пальца на гребень происходит при выступании пальцев ротора в прорези отвала на  $h = 0,05$  м. При недостаточной угловой скорости ротора возможно сбрасывание почвы с гребня на дно борозды. Для необходимого контактного усилия пальца между роторами предусмотрена пружина» [77].

«Пальцы при углублении в гребень дополнительно уплотняют рыхлую насыпанную почву. Учитывая, что вращение ротора обеспечивается за счет взаимодействия нижней его части с гребнем, происходит дополнительно воздействие пальцев ротора на почву. При погружении пальца ротора в гребень зона уплотнения представляет конус, в основании которого находится эллипсоид. Глубина зоны уплотнения почвы в гребне определяется длиной пальца» [77].

$$h_{\text{упл}} = k \cdot d \quad (2.22) [77]$$

где  $h$  - глубина зоны уплотнения гребня пальцем ротора в, м;

$k$  – коэффициент уплотнения почвы, (для рыхлых суглинков  $k = 1,2$ );

$d$  – диаметр пальца, м.

$$r_{\text{упл}} = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \sigma}} \quad (2.23) [77]$$

где  $r_{\text{упл}}$  - радиус зоны уплотнения гребня пальцем ротора в, м;

$F$  – нагрузка на палец, Н;

$\sigma$  – допускаемое напряжение сжатия почвы, Па.

«В процессе движения окучивающего культиватора по рядкам картофеля секции культиватора постоянно подвергаются воздействию различных сил, по величине и направлению, что связано с микрорельефом поля, плотности сложения обрабатываемого почвенного пласта и ряда других её физико-механических показателей» [77].

#### **2.4 Автоматизация расчета угловой скорости ротора окучника**

Для расчетов была разработана программа для ЭВМ «Угловая скорость ротора окучника». [81]

Программа предназначена для автоматизации расчета угловой скорости ротора измельчителя культиватора окучника [81]. Перед началом работы необходимо ввести значения коэффициента проскальзывания ротора, скорости движения окучника, минимальный радиус ротора при соприкосновении с гребнем (рис. 2.10).

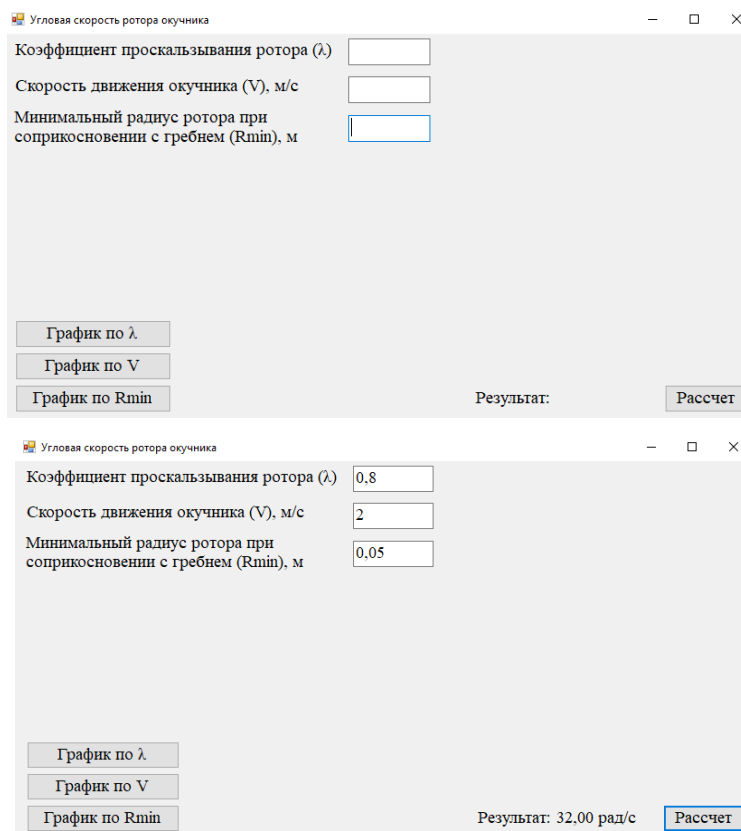
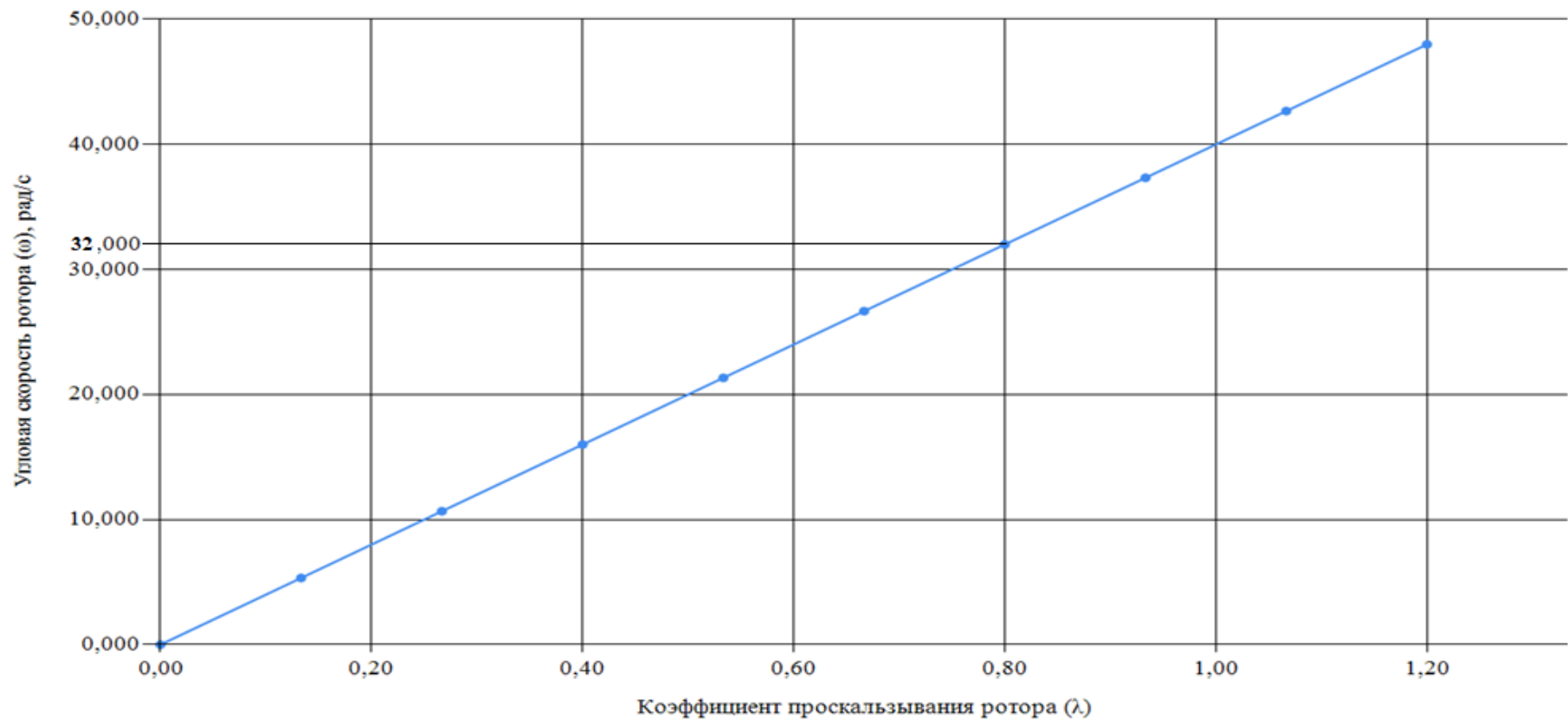


Рисунок 2.10 – Интерфейсные формы программы с примером заполнения и расчета

Программа позволяет определить величину угловой скорости ротора измельчителя культиватора окучника [81]. Результатом использования программы является построение графиков зависимостей угловой скорости ротора от коэффициента проскальзывания, угловой скорости ротора от скорости движения окучника и угловой скорости ротора от его минимального радиуса, что способствует повышению качества работы устройства для междурядной обработки картофеля.



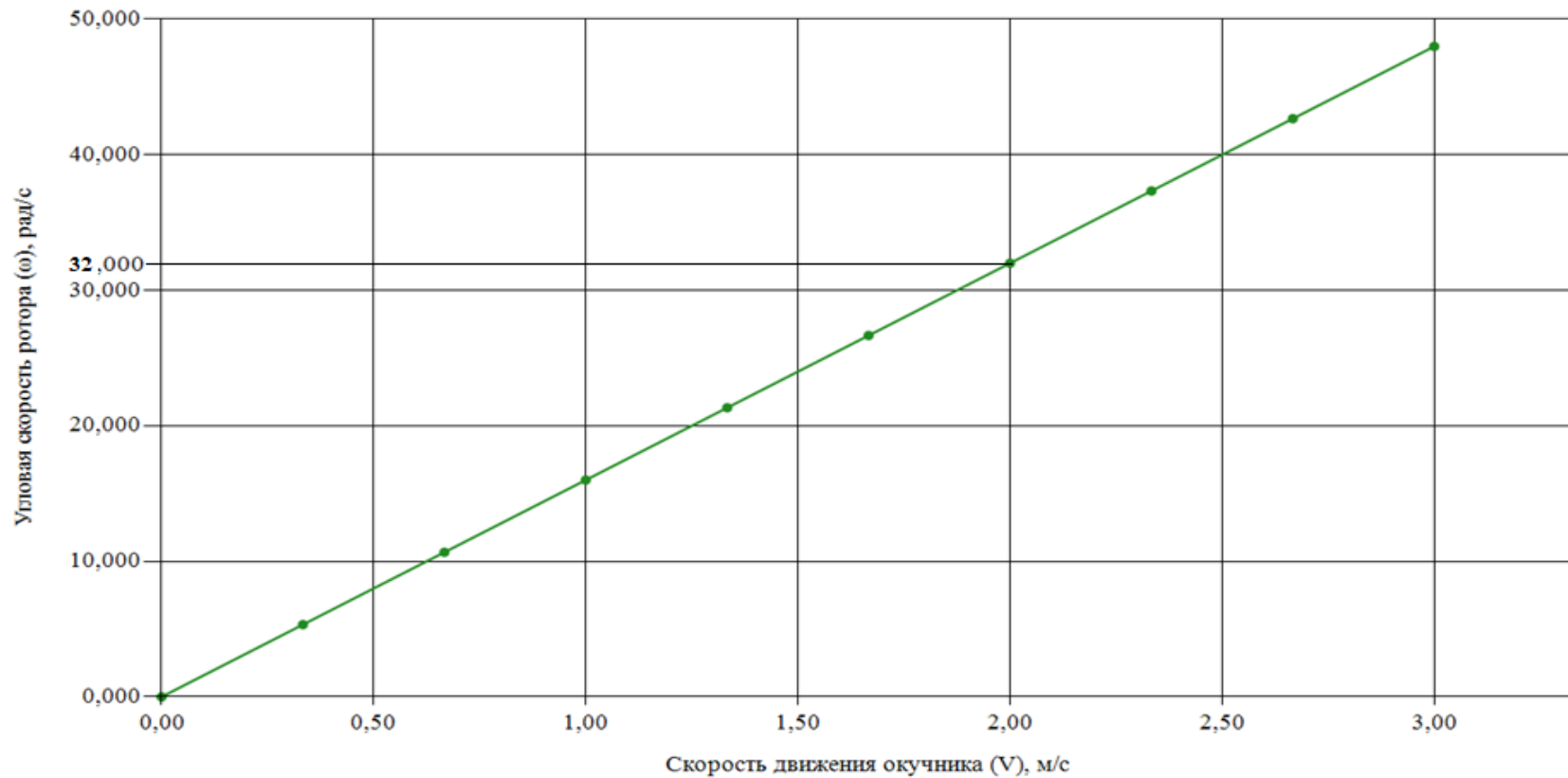
Коэффициент проскальзывания ( $\lambda$ )

min

max

Рисунок 2.11 – Зависимость угловой скорости ( $\omega$ ) от коэффициента проскальзывания ротора ( $\lambda$ )

В процессе расчета значения коэффициента проскальзывания были взяты в диапазоне от 0 до 1,2, что позволило построить 10 точек на графике зависимости. Согласно графику зависимости, при коэффициенте проскальзывания ротора 0,8, угловая скорость будет равна 32 рад/с. Что подтверждается результатами расчета программы.



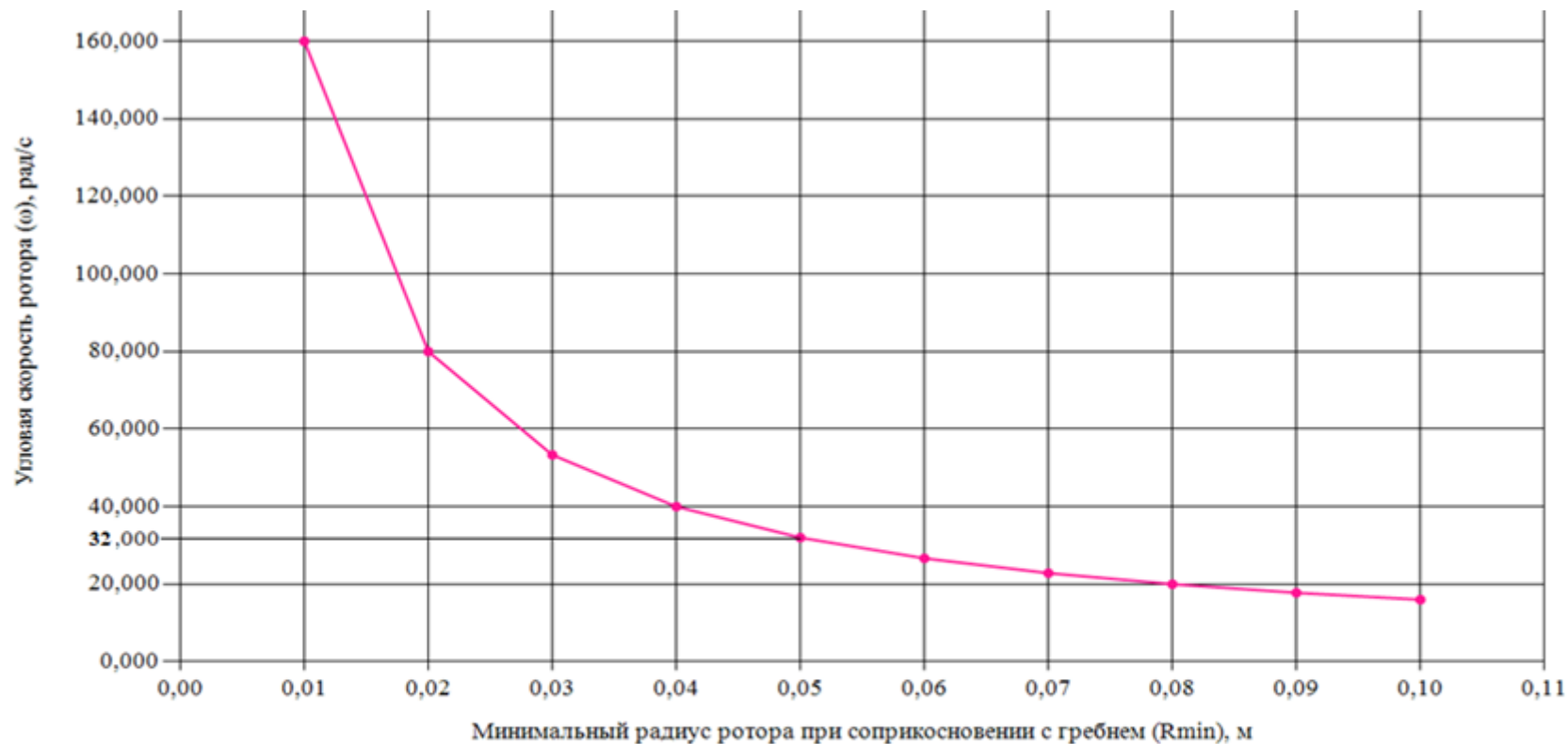
Скорость движения ( $V$ ), м/с

min

max

Рисунок 2.12 – Зависимость угловой скорости ротора ( $\omega$ ) от скорости движения окучника ( $V$ )

В процессе расчета значения скорости движения окучника были взяты в диапазоне от 0 до 3 км/ч, что позволило построить 10 точек на графике зависимости. Согласно графику зависимости, при скорости движения окучника 2 км/ч, угловая скорость будет равна 32 рад/с. Что подтверждается результатами расчета программы.



Диапазон минимального радиуса ротора ( $R_{min}$ ), м

min

max

Рисунок 2.13 – Зависимость угловой скорости ротора ( $\omega$ ) от минимального радиуса ротора при соприкосновении с гребнем ( $R_{min}$ )

В процессе расчета значения минимального радиуса ротора при соприкосновении с гребнем были взяты в диапазоне от 0,01 до 0,1 м, что позволило построить 10 точек на графике зависимости. Согласно графику зависимости, при угловой скорости 32 рад/с, минимальный радиус ротора при соприкосновении с гребнем будет равен 0,05 м. Что подтверждается результатами расчета программы.

## Выводы по главе 2

1. «В соответствии с агротребованиями к культиватору для окучивания картофеля, он должен оставлять после прохода почву рыхлой. Делать ровный слой почвы толщиной порядка 8 см на весь гребень с приваливанием почвы к стеблям картофеля. Высота гребней при окучивании должна составлять до 25 см» [77].

2. «Анализируя поперечный профиль грядки установлено, что высота грядки после картофелесажалки составляет  $H_1 = 15$  см,  $b_1 = 8$  см,  $h_1 = 6$  см, поэтому для формирования гребня высотой  $H = 25$  см глубина хода окучника должна составлять  $10 \div 12$  см» [77].

3. «Теоретическими исследованиями установлено, что при движении почвы по рабочей поверхности окучника скорость окучника снижается более чем в 2 раза, с 2,5 м/с до 0,8 м/с. В то же время при соприкосновении с гребнем скорость частиц отлична от нуля, что может приводить к осыпанию гребня из-за недостаточной прочности массы насыпанной почвы» [77].

4. «Движение пальцев ротора описывается уравнением трохойды, учитывая, что пальцы ротора проникают в гребень на определенную глубину. Теоретическими исследованиями установлено, что траектория движения пальца в почве определяется глубиной его погружения в гребень или величиной выступания пальцев ротора в прорези отвала. Наибольшее воздействие пальца на гребень происходит при выступании пальцев ротора в прорези отвала на  $h = 0,05$  м. При недостаточной угловой скорости ротора возможно сбрасывание почвы с гребня на дно борозды. Для необходимого контактного усилия пальца между роторами предусмотрена пружина. При погружении пальца ротора в гребень зона уплотнения представляет конус, в основании которого находится эллипсоид» [77].

### **3. ЛАБОРАТОРНО – ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Методика исследования окучивания картофеля с мульчированием поверхности гребня представляется в виде изучения системы «почва – рабочий орган - растение».

Мульчирование почвы при возделывании картофеля способствует сохранению влаги в гребне при вегетационном периоде развития картофеля.

Основной целью проведения исследований являлась проверка соответствия выполненных теоретических положений, заложенных в разработанной конструкции экспериментальной установки.

Это достигалось определением агротехнических показателей в ходе лабораторно - полевых исследований работы экспериментального образца в сравнении со стандартным культиватором на скоростях 4 - 9 км/час.

#### **3.1. Объекты исследования**

В качестве объекта исследования использовался производственный культиватор КОН –2,8П со стандартными окучниками.

#### **3.2 Методика обработки опытных данных**

Исследования экспериментальной установки проводились в ООО «Жито» Рыбновского района Рязанской области.

Программа исследований культиватора для окучивания картофеля с мульчированием поверхности гребня включает оценки – агротехническую, энергетическую и экономическую.

Оценка работы окучивающих корпусов с устройством для мульчирования гребней картофеля проводится в сравнении с окучивающими корпусами серийного культиватора КОН – 2,8.

Оценка показателей, в ходе проведения лабораторных исследований и проверки в производственных условиях проводится в соответствии с ГОСТ 20915-2011. [12]

Показатели качества окучивания с мульчированием гребней картофеля оцениваются при работе агрегата на двух поступательных скоростях движения, отличающихся не более чем на 30%.

Скорость движения культиватора  $\bar{V}$  представлена формулой:

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{L_1}{t_1} \cdot 3,6, \quad (3.1)$$

где  $L_1$ , — длина  $i$  - го участка, м;

$t_1$  — время прохождения  $i$  – го участка, с;

$n$  — число повторений по  $i$  - м участкам.

Повторность проведения исследований четырехкратная с погрешностью  $\pm 1$  с.

Глубина привального слоя, полученного в процессе окучивания, измеряется линейкой. Измерения проводят по длине прохода окучника через каждый 1 м.

Пробы почвы на её влажность внутри гребня отбираются по слоям, через каждые 3 см до глубины 9 см.

*Агротехнические требования*, предъявляемые к процессу окучивания картофеля заключаются в воздействии окучников на почву для создания мелкокомковатой её структуры непосредственно в гребне для достижения качественных показателей почвы необходимых для роста и развития картофеля. [2]

Агрегатный состав почвы определялся как процентное содержание почвенных частиц различной величины при воздействии на неё рабочих органов.

Для определения параметров частиц почвы в гребне, полученного при окучивании картофеля применялся метод просеивания на ситах.

Из-за не глубокого залегания корневой системы, картофель чувствителен к засухе.

Высокий урожай картофеля может быть достигнут только при поддержании оптимального уровня влажности почвы в течение всего вегетационного периода картофеля.

Во время вегетации в клетках и тканях растений содержится 70-90% воды.

Влага – основной фактор, оказывающий существенное влияние на структуру почвы (комковатость) в гребне, плодородность почвы и соответственно урожайность. Влажность определялась с помощью портативного прибора BWK LANZT.

Прибор предназначен для измерения и контроля влажности почвы на глубинах 10...80 см, основан на испытанной электронной технологии и позволяет контролировать содержание влаги на отмеченных глубинах.

Картофель отрицательно реагирует на температуру почвы менее 7-8 °С, а также более 25 °С.

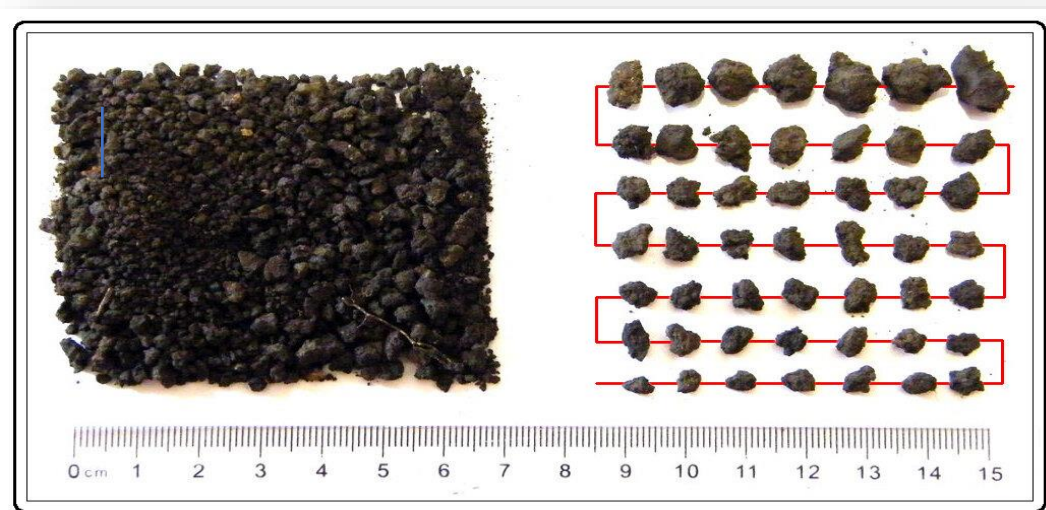


Рисунок 3.1 Фракционный состав почвы после обработки на ситах.

Оптимальная температура почвы, для нормального развития картофеля и клубнеобразования, находится в пределах 19 °С, что соответствует температуре окружающего воздуха порядка 25 °С. При дальнейшем повышении температуры окружающего воздуха свыше 30-35° С, в течение длительного времени рост картофеля прекращается из-за повышения температуры в гребне. В проведенных нами исследования, в июле 2024 г, при дневной температуре в пределах 33-34 °С, температура в гребне не поднималась больше 22 °С.

В процессе вегетации картофеля для измерения температуры почвы внутри гребня, после проведения операции по окучиванию использовался прибор манометрический КСТИ 400.5ПС (предел допускаемой погрешности  $\pm 1^\circ \text{C}$ ), для фиксации температуры на глубине 3 см и внутри гребня на глубине порядка 16-18 см. Его показания записывались в журнал наблюдений. Исследования проводили как по серийному окучнику, так и по окучнику с мульчирующим устройством на одном участке поля. [45]

Для получения энергетических показателей применялось тяговое звено на 1,5 тонны, трактор с динамометрическими звеньями для навесной системы, проволочные датчики, токосъёмное устройство, секундомер.

Производительность агрегата за 1 ч работы основного времени определялось как:

$$W_{o_1} = \frac{F_1}{T_{f_1}} \quad (3.7)$$

где  $F_1$ ,- — объем работы, га;

$T_{f_1}$  — фактическое основное время работы за смену, ч.

### 3.3. Методика исследований и получение опытных данных

Исследования экспериментальной установки проводились на поле ООО «Жито» Рыбновского района Рязанской области. Для исследования был выделен участок с посадками картофеля площадью один гектар.

Почва на выделенном участке - дерново подзолистая, средний суглинок.

Влажность почвы средняя, в горизонте 15 см составляла 15,4 %.

Плотность почвы средняя, в горизонте 0 – 18 см – 7,2 кг/см<sup>2</sup>.

Агрегатировался культиватор с трактором МТЗ - 80.

Исследования проводились на третьей и четвёртой передачах трактора. Определялись агротехнические показатели по крошению почвы, профилированию грядок экспериментального образца культиватора КОН - 2,8П (рисунки 3.2, 3.3), со стандартными окучниками и экспериментальными, в соответствии с методикой рекомендованной МИСами (таблица 3.1). [2]



Рисунок. 3.2. Вид участка и комковатость почвы после прохода культиватора со стандартными окучивающими корпусами



*1 – сошник, 2 – мульчирующий диск с пальцами.*

Рисунок 3.3. Общий вид окучника с устройством мульчирования поверхности гребня. (1 – окучник, 2 – мульчирующее устройство).



Рисунок 3.4. Вид участка и комковатость почвы после прохода культиватора с экспериментальными окучивающими корпусами с устройством мульчирования поверхности.

Таблица 3.1. Сравнительные данные по крошению почвы серийным и окучником с устройством для мульчирования поверхности гребней.

Вид рабочего органа	Размер фракции почвы, %			
	до 25 мм	25–50 мм	50-100 мм	> 100 мм
Экспериментальный		15,8	5,8	6,4
Серийный	81	12,4	3,4	3,2

Энергетические показатели по затратам мощности определялись тензометрированием, а тяговое сопротивление методом протягивания испытуемого агрегата с помощью динамометра.

Скорости движения определялись так: на учётных делянках длиной 25 м. выявлялось время движения агрегата.

Культиватор с экспериментальными рабочими органами работал на скоростях 6,0 и 8,2 км/час.

Полученные данные по затратам мощности сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2. Затраты мощности культиватора с серийными и экспериментальными окучниками.

Вид окучника	Затраты мощности			
	Холостой ход	Скорость движения, км/час		Тяговое сопротивление, кг.
		6,0	8,0	
Серийный	4,07	22,86	33,4	63,0
Экспериментальный	4,07	22,92	33,7	63,2

На основании исследований установлено, что при обработке посадок картофеля с междурядьями 75 см затраты мощности практически одинаковы.

### 3.4 Исследования экспериментального рабочего органа

Перед окучиванием посадок картофеля участок бороновался до всходов с обработкой междурядий стрельчатыми лапами и рыхлителями.

Пахотный слой светло-серого цвета с буроватым оттенком, структура мелкокомковатая. Влажность почвы измерялась в слое 5,5 – 14 см.

Влажность почвы определялась в соответствии с методикой. Объёмный вес на дне борозды -1,22, а на гребне 1,05 г/см<sup>3</sup>.

Влажность почвы определялась весовым методом.

Пробы брались посредством почвенного бура в слоях 0 - 5,5 – 14 см с трёхкратной повторностью.

Объёмный вес определялся методом взятия с трёхкратной повторностью проб из вершин гребня и дна борозды в металлические цилиндры объёмом около 500 см<sup>3</sup> в горизонте 0 – 12 см.

Культиватор КОН–2,8 с экспериментальными окучниками навешивался на трактор МТЗ-80, скорость движения при проходе контрольных участков длиной 10 м составляла 6,0 и 8,2 км/час.

Профили поверхности поля и дна борозды определялись профилированием посредством координатной рейки. Поперечное профилирование проводили на одном гоне, где на каждом пробном участке перед проходом агрегата вбивали по два кола. На них устанавливали рейки, направление которых было перпендикулярно к направлению движения культиватора.

Вертикальные расстояния от поверхности поля до нижней стороны рейки были определены с точностью 0,5 см по всей ширине захвата культиватора с интервалами в 5см начала рейки. Повторность опыта трёхкратная.

Толщина рыхлого слоя почвы на гребне, стенках и дне борозды проверялась путём замера металлической линейкой по всему периметру профиля через 15 см. Замеры проводились в 50 местах по каждому профилю. Полученные данные обрабатывались вариационным методом.

В таблице 3.3 приведены показатели по замерам толщины рыхлого слоя на дне борозды и вершине грядки после прохода окучивающих корпусов.

Для характеристики качества рыхления почву разделяли на фракции в зависимости от крупности частиц: менее 25; 25-50; 50-100 и более 100 см. При работе культиватора почвенные пробы брали в трёх местах в каждом проходе.

Таблица 3.3 Показатели рыхлого слоя почвы на гребне в зависимости от обработки серийным и экспериментальным окучниками.

Тип окучивающего корпуса	Скорость, км/час	Глубина рыхлого слоя в борозде, см	Толщина рыхлого слоя на грядке, см
Серийный	4,5	3,5	2,4
Серийный	7,2	3,5	5,1
Экспериментальный	4,5	6,1	4,8
Экспериментальный	7,2	6,4	5,5

Величина пробы определялась количеством почвы, взятом в междурядье, на длине гона один метр, в полном объёме рыхлого слоя. Каждую фракцию взвешивали с точностью до 10 граммов.

Для контроля в % повреждения кроны картофеля были выделены по 3 участка. Ширина каждого из них была равна ширине захвата культиватора, длина каждого по 3 м. После каждого прохода агрегата деланки были подсчитаны и измерены по ширине кроны и высоте куста.

После прохода агрегата учитывалось их количество и определялись повреждения кустов. Кусты по характеру повреждений выделялись в % по категории:

- со сломанными стеблями и ветками;
- стебли, засыпанные полностью почвой;
- частично засыпанные отдельные стебли.

Результаты подсчёта по повреждённым кустам представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Повреждения ботвы картофеля стандартными и экспериментальными окучивающими рабочими органами.

Тип окучивающего рабочего органа	Скорость агрегата, км/час	Количество, шт.		Повреждено стеблей	% Повреждения
		кустов	стеблей		
Серийный	4,5	37	134	8	3,7
		40	26	6	
		33	138	2	
Серийный	7,2	33	149	42	24,2
		31	128	38	
		37	154	22	
Экспериментальный	4,5	33	141	1	0,2
		33	158	-	
		32	120	-	

Экспериментальный	7,2	33	26	3	4,9
		38	145	4	
		34	130	13	

Таблица 3.5. Степень крошения почвы при обработке орудиями

Тип орудия	Место пробы	Скорость, км/час	Размер комков, мм	%		
До прохода рабочего органа	Дно борозды		100	20,8		
			100-50	10,4		
			50-25	15,9		
			25	43,5		
			Грядка	100	4,9	
			100-50	7,8		
После прохода экспериментального рабочего органа	Дно борозды	4,5	50-25	9,3		
			25	78,0		
			100	0		
			100-50	5,2		
			50-25	8,9		
			25	85,9		
	Грядки	4,5	100	2,3		
			100-50	6,3		
			50-25	8,9		
			25	82,5		
			Дно борозды	7,2	100	0
			100-50	14,5		
	Грядка	7,2	50-25	21,0		
			25	69,5		
			100	0		
			100-50	3,6		
			50-25	9,1		
			25	87,3		

В целях получения данных по энергетическим затратам в зависимости от поступательной скорости движения агрегата на опытном участке поля производились измерения тягового сопротивления орудий экспериментального и серийного на культиваторе КОН -2,8 П, работающих с трактором МТЗ-1221, оборудованного тяговыми звеньями.

Твердость почвы средняя, в горизонте 0 -15 равна 11 кг/см<sup>2</sup>. Полевой участок имел ровный рельеф. Уклон с севера на юг не превышал 2° [22].

По данным тягового сопротивления культиватора построена графическая зависимость рисунок 3.5.

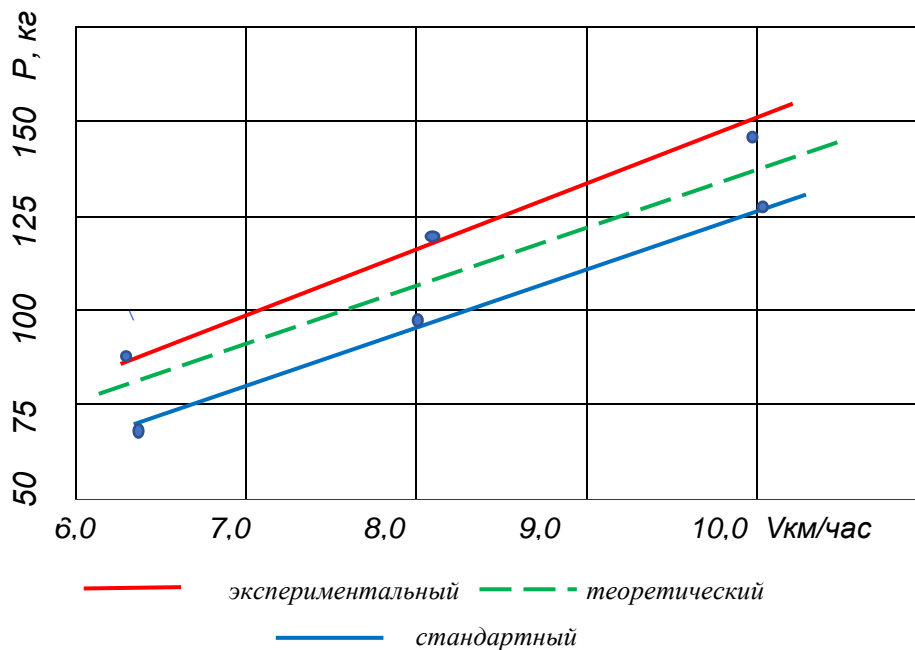


Рисунок 3.5. Зависимость тягового сопротивления окучников от скорости движения агрегата.

Увеличение скорости движения агрегата с экспериментальными окучивающими рабочими органами наблюдается в незначительном повышении тягового сопротивления при работе на опытной делянке в пределах 20-35 кг.

### Выводы по главе 3

1. Установлено, что экспериментальные окучники пригодны на скоростях порядка 7,2 км/час. При этом количество присыпанных растений, по сравнению со стандартным, на 25-30% меньше. Экспериментальные окучники обеспечивают большее количество рыхлой почвы в картофельном гребне и на дне борозды.

2. Выявлено, что экспериментальные окучивающие рабочие органы с устройствами для мульчирования поверхности гребня создают более мелкокомковатую и рыхлую структуру почвы. (при изменении скорости движения, позволяют улучшить показатели мелкокомковатости и рыхлости почвы почти в 2 раза)

3. Увеличение тягового сопротивления экспериментальных окучников с мульчирующими устройствами при сравнении со стандартными, на 20 – 35 кг.

## **4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА В ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

### **4.1. Методика исследований и обработка опытных данных**

Конструкция экспериментального культиватора с новыми окучивающими органами и устройством для мульчирования поверхности гребня была усовершенствована по сравнению со стандартным образцом. Для рыхления почвы за колёсами трактора был установлен специальный рабочий орган с приводом от колеса, с почвозацепами и цепным приводом на рыхлитель.

При исследованиях экспериментального образца культиватора с окучниками, снабжёнными мульчирующими устройствами использовалась программа и методика его исследований, а также следующие нормативные документы: СТО АИСТ 1.17-2010, ГОСТ 20915-2011, ГОСТ Р 54783-2011, ГОСТ 24055-2016, ГОСТ 34631-2019. [12, 13, 15, 16, 75]

Экспериментальный культиватор испытывался в производственных условиях ООО «Жито» Рыбновского района Рязанской области.

Исследования проводились на посадках картофеля в сравнении с работой серийного культиватора КОН-2,8П. Почва на участке была дерново-подзолистая, а по механическому составу – тяжёлый суглинок. Влажность почвы на период испытаний в слое 0-15 см составляла 18,5%.

Экспериментальный образец культиватора агрегатировался с трактором МТЗ - 82.

В исследованиях определялась толщина рыхлого слоя, поперечный и продольный профили грядок, устойчивость хода рабочих органов, высота гребня и степень крошения почвы при формировании гребня.

В зависимости от скорости движения трактора с культиватором определялись основные агротехнические показатели работы окучников с устройством для мульчирования поверхности сформированного гребня. [2]

Влажность почвы при первом окучивании была средняя, в горизонте 0 – 18 %, плотность почвы 7,1 кг/см<sup>3</sup>. При втором средняя, в горизонте 0-15 см порядка 15 %, плотность почвы при окучивании составляла 7,9 кг/см<sup>3</sup>.

По агротехническим требованиям в процессе окучивания гребни должны быть высотой от 15 до 25 см с рыхлым слоем по вершине не менее 5-8 см.

Исследованиями установлено, что при скорости движения окучников 6 км/час не обеспечивается создание грядок нужных размеров с достаточным количеством рыхлого слоя. Форма грядок расплывается с седловиной в центре.

При увеличении скорости с 7 км/час и при увеличении влажности стандартного окучника образуются гребни высотой порядка 18 см с рыхлым слоем 5 - 6 см, при этом форма вершины грядок приближается к остроконечной. Это связано с тем, что при работе основная масса почвы подаётся на вершину грядки, а затем уже осыпается на дно борозды. Возможный объём сгруженной почвы будет при поступательной скорости более 7 км/ч перемещаться вдоль окучника.

При работе на скоростях более 7 км/час технологический процесс, выполняемый экспериментальными окучниками на плотных почвах аналогичен вышеописанному, однако, при этом возможно сгуживание почвы.

#### **4.2. Крошение почвы**

Для экспериментальных окучников при повышении скорости движения агрегата с 7,2 км/час до 9 км/час степень крошения увеличивается незначительно и достигает до 85% на средних по механическому составу исследуемых нами почвах.

«Степень крошения почвы зависит от скорости движения культиватора с окучивающими рабочими органами и устройством для мульчирования представлена на рисунке 4.1.

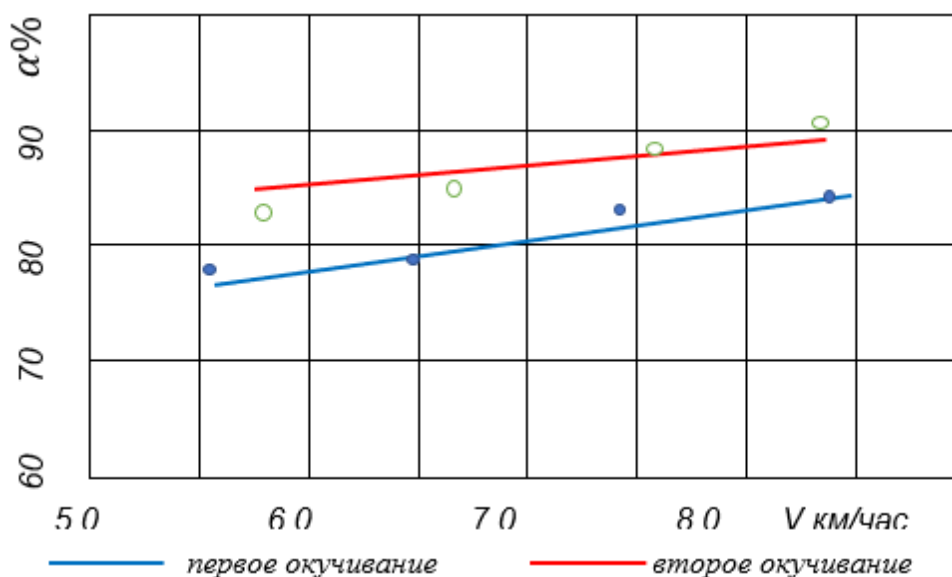


Рисунок 4.1. Зависимость степени окучивания от скорости движения агрегата» [58]

Зависимость сгруживания почвы от скорости движения культиватора с экспериментальными окучниками и устройством для мульчирования представлена на рисунке 4.2.

Из теоретических исследований известно, что напряжения распространяются в почвенной среде не мгновенно, а требуют некоторого времени.

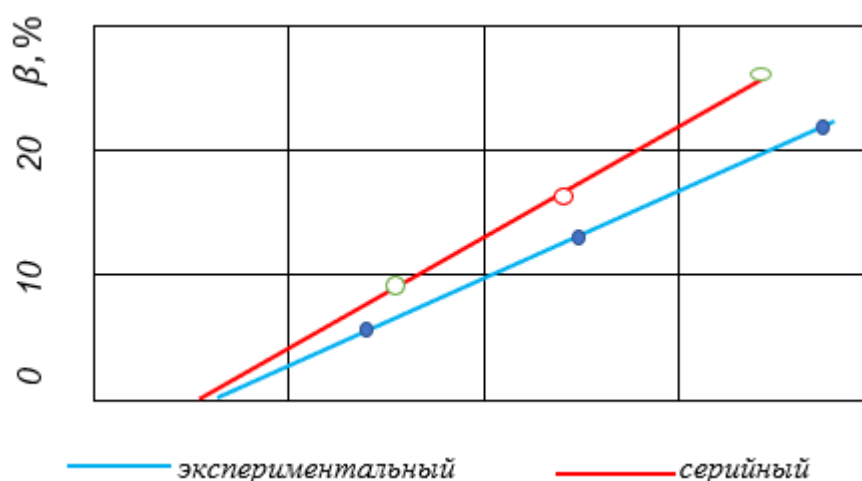


Рисунок 4.2. Зависимость сгруживания почвы от скорости движения агрегата.

Экспериментальным окучником создают грядки высотой 18-20 см с мульчирующим слоем 3 - 4 см, грядки имеют на вершине обтекаемую,

приближающуюся к параболической форму, что соответствует конструкции окучника.

Проведенные исследования подтверждают целесообразность применения формулы 2.21 при расчёте глубины установки экспериментальных окучников на скоростях более 7 км/час, так как эти окучники гарантируют заданную её величину независимо от скорости движения.

#### **4.3. Забиваемость экспериментального окучника растительными остатками и почвой**

Окучивающие корпуса забиваются растительными остатками и залипают почвой только при определённых условиях. К таким условиям относятся: повышенное количество сорняков в междурядьях и увеличение влажности почвы в период вегетации.

Особенно это заметно при работе окучников на средних почвах (на которых проводились наши исследования).

Иногда прилипание достигает значения, при котором прекращается движение почвы по металлу и происходит движение почвы по почве.

Залипаемость сравниваемых окучников примерно одинаковая и при средней влажности почвы равной 16% в горизонте 0 – 15 см имеет небольшую величину.

При увеличении влажности на поверхности крыльев в верхней части отвалов образуется уплотнённый слой, это влияет на увеличение тягового сопротивления окучника.

Наличие в конструкции почвоулучшителя, т.е. естественной преграды, препятствует свободному движению почвы и способствует набиванию его в передней части. Экспериментальный окучник имеет ступенчатую поверхность и меньше подвержен забиванию.

В теоретических исследованиях отмечалось, обеспечение устойчивости хода рабочих органов по глубине обработки имеет большое значение, так как это связано с качеством выполняемой технологической операции.

Было установлено, что с увеличением скорости движения экспериментального образца культиватора показатели устойчивости ( $\sigma$ ) меняются при скоростях  $V=5,54$  км/час и при  $V = 8,46$  км/час (рисунок 4.3)

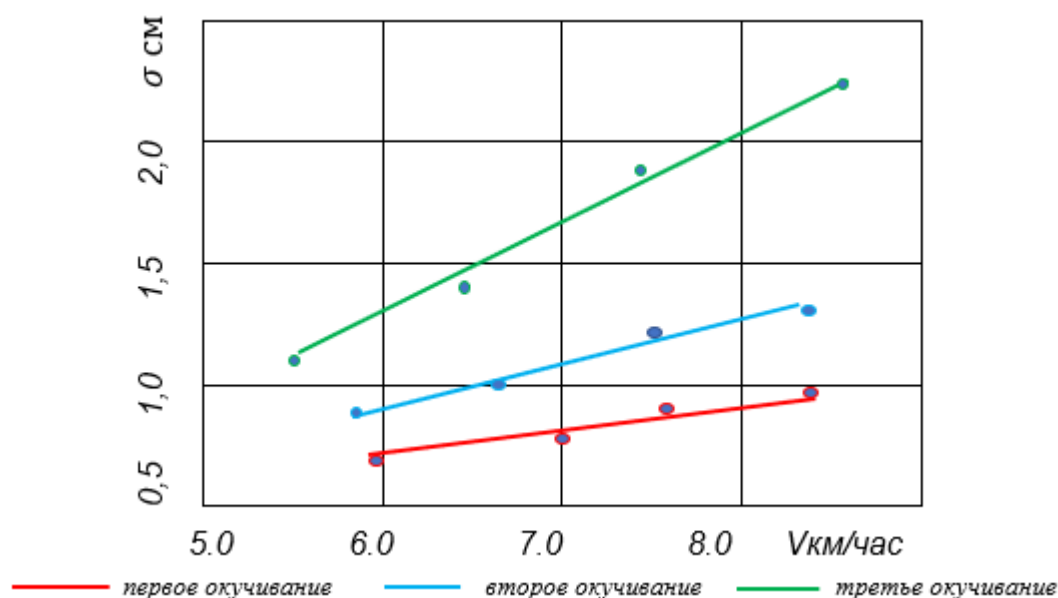


Рисунок 4.3. Зависимость показателей устойчивости хода ( $\sigma$ ) экспериментального окучивающего рабочего органа от скорости движения.

#### 4.4. Энергетические показатели окучивающих рабочих органов

Определение тягового сопротивления  $P_c$  экспериментального окучника в сравнении со стандартным проводилось методом буксирования культиватора с трактором в агрегате

При этом  $P_c$  определялась как разница между тяговым сопротивлением трактора с навешенным на него культиватором при рабочем ходе -  $P_p$  и при холостом ходе  $P_x$  т.е.  $P_c = P_p - P_x$ .

В качестве буксира использовался трактор МТЗ – 1221.

Влажность почвы - средняя. В горизонте 0 – 5 см составляла 15,3%.

Плотность почвы - среднее, в горизонте 0 – 15 см - 6,2 кг/см<sup>2</sup>.

Определение тягового сопротивления окучников проводилось на четырех скоростях.

Непрерывная запись, на тяговое звено, проводилась осциллографом П-700.

Полученные данные представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Показатели тягового сопротивления окучников в зависимости от скорости движения.

Тип окучника	Скорость движения, км/час			
	Тяговое сопротивление, кг			
	5,5	6,5	7,5	8,5
Экспериментальный	9,2	8,3	7,3	6,7
Серийный	9,7	8,5	7,6	7,0

По таблице 4.1 можно сделать заключение о том, что увеличение скорости движения увеличивает тяговое сопротивление серийного по сравнению с экспериментальным окучником с мульчирующим устройством примерно на 3 – 5 кг.

На основании полевых исследований культиватора с экспериментальными окучивающими рабочими органами с устройством для мульчирования поверхности гребней можно сделать следующие выводы:

#### **Выводы по главе 4**

На основании исследований в производственных условиях экспериментального пропашного культиватора для окучивания посадок картофеля можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментальный культиватор с пассивными рабочими органами и устройством для мульчирования обладает более высоким агротехническим показателями (лучшее крошение почвы, укрытие гребня мульчирующим поверхностным слоем), чем культиватор со стандартными окучивающим пассивными рабочими органами.

2. В целях уменьшения неравномерности хода по глубине хода рабочих органов экспериментального культиватора на комковатых почвах в

конструкциях секций необходимо предусмотреть дополнительное устройство с регулируемой степенью воздействия на почву.

3. Во избежание значительного повреждения ботвы картофеля за счёт неустойчивости хода по глубине хода скорость движения экспериментального пропашного культиватора при работе на полях не должна превышать 7-8 км/час.

4. Экспериментальный окучник по сравнению со стандартным меньше повреждает ботву картофеля и лучше его окучивает.

5. Выявлена оптимальная скорость движения для экспериментальных окучников в сравнении с стандартными, величина которых соответственно равна 7-8 км/час и 5-7 км/час.

## **5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРЕДЛАГАЕМОГО ОКУЧНИКА С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ МУЛЬЧИРОВАНИЯ**

Расчёт экономического эффекта разработанной конструкции окучивающего рабочего органа с устройством для мульчирования гребня картофеля в гребневой технологии возделывания картофеля выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 34393-2018. «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки». [14]

Экономический эффект заключается в:

- улучшении качества крошения почвы в гребне с мульчированием его поверхности в зависимости от скорости движения окучника с устройством для мульчирования его поверхности;
- снижении потерь влаги и создание благоприятного температурного режима в гребне при перепадах окружающего воздуха;
- повышении урожайности за счёт создания мелкокомковатой структуры в гребне и его поверхности;
- снижении показателей по повреждению ботвы при окучивании;
- показателях по сгруживанию почвы перед окучником в зависимости от скорости движения культиватора с новыми рабочими органами.

Расчёты произведены по данным, полученным в ходе лабораторно-производственной проверки, при окучивании картофеля, в ООО «Жито» Рыбновского района Рязанской области.

Закупочная цена одного кг картофеля в сезон 2024 г - 30 руб.

Увеличение урожайности 9%, получено в ходе проверки в производственных условиях, составило 9%.

Технико-эксплуатационные характеристики культиватора окучника с устройством для мульчирования поверхности гребня, полученные в производственных условиях, представлены в таблице 5.1.

«Экономический эффект от использования одного опытного культиватора согласно методики определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{бс}} + \mathcal{E}_{\text{бк}} + \mathcal{E}_{\text{н}} + \mathcal{E}_{\text{сг}} + \mathcal{E}_{\text{пу}}, \quad (5.1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{бс}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{бк}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{н}}$  – прямые производственные затраты при использовании базового культиватора, нового и серийного, тыс. руб.

$\mathcal{E}_{\text{сг}}$  – экономический эффект от затрат на ГСМ, тыс. руб;

$\mathcal{E}_{\text{пу}}$  – экономический эффект от увеличения урожайности, ц.

Прямые производственные затраты при использовании серийного и экспериментального образцов культиваторов определяется по формуле:

$$C_{\text{бк,бсн}} = Z_{\text{бс,бкн}} + A_{\text{бс,бкн}} + P_{\text{бс,бкн}} \quad (5.2)$$

где  $Z_{\text{бс,бсн}}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала базового культиватора и экспериментального, тыс. руб.

$A_{\text{бс,бкн}}$  - затраты на капитальный ремонт по вариантам, тыс. руб.

$P_{\text{бс,бкн}}$  -затраты на техническое обслуживание по вариантам, тыс. руб.» [14, 76].

Таблица 5.1 Техничко-экономические показатели культиваторов по вариантам.

Показатели	Варианты	
	Серийный	Новый
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Часовая оплата, тыс. руб.	0,90	0,90
Норма амортизационных отчислений, %	20	20
Норма отчисление на техническое обслуживание и ремонт, %	10	10
Затраты на топливо тыс. руб. на 20 га	7,2	7,3
Норма загрузки культиватора, час	13.0	13,0
Масса культиватора, кгс	620	690
Балансовая стоимость, руб.	310 000	312050

«Стоимость разработанного культиватора с окучивающими корпусами и устройством для мульчирования гребня определяется как:

$$B_{\text{н}} = \frac{B_{\text{бс}}}{M_{\text{бс}}} + M_{\text{нк}}, \quad (5.3)$$

где  $M_{\text{бс}}$  - масса серийного культиватора, кгс;

$M_{\text{нк}}$  - масса нового культиватора, кгс.

Затраты на зарплату обслуживающего персонала определяются по формуле:

$$Z_{\text{бс.кн}} = \Gamma_{\text{бс.бк.н}} \cdot Z_{4\text{бс.бк.н}}, \quad (5.4)$$

где  $Z_{\text{бс.кн}}$  - затраты на обслуживание персонала базовой машины и экспериментального образца, руб.;

$\Gamma_{\text{бс.бк.н}}$  - загрузка базового и серийного культиватора, час;

$Z_{4\text{бс.бк.н}}$  - часовая оплата труда механизатора, руб.» [14, 17].

«Затраты на капитальный ремонт культиватора определяются по формуле:

$$A_{\text{бс.бк.н}} = \frac{a_{\text{бс.бк.н}}}{100}, \quad (5.5)$$

где  $a_{\text{бс.бк.н}}$  - коэффициент отчислений на амортизацию и капитальный ремонт серийного и экспериментального культиваторов» [14, 17].

«Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт определяются по формуле:

$$P_{\text{бс.бк.н}} = \frac{T_{\text{бс.бк.н}} \cdot B_{\text{бс.бк.н}}}{100}, \quad (5.6)$$

где  $T_{\text{бс.бк.н}}$  - коэффициент отчислений на техническое обслуживание базового и экспериментального культиваторов, %.» [14, 76].

«Экономический эффект на экспериментальный образец культиватора, получаемый от увеличения урожайности может быть определён по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{пу}} = \frac{C_{\text{п}} \cdot \Delta_{\text{п}} \cdot \Pi_{\text{з}} \cdot K}{N} \quad (5.7)$$

где  $C_{\text{п}}$  - посадочная площадь картофеля, га;

$\Delta_{\text{п}}$  - прибавка урожая картофеля, ц/га;

$\Pi_{\text{з}}$  - закупочная цена одного центнера картофеля, тыс. руб.;

К – коэффициент, учитывающий затраты на уборку, транспортировку, хранение дополнительного урожая картофеля (K= 0,8)

N – количество культиваторов участвующих в технологическом процессе окучевания, шт.» [14, 17].

«Прирост урожайности картофеля вычисляется по формуле:

$$\Delta Y_{\text{п}} = \frac{P_y \cdot Y_{\text{п}}}{100}, \quad (5.8)$$

где  $P_y$  – повышение урожайности, %

$Y_{\text{п}}$  – урожайность с использованием серийного культиватора, ц/га.» [14, 17].

«Срок окупаемости экспериментального культиватора определяется по формуле:

$$C_{\text{ок}} = B_{\text{н}}/\Delta \quad (5.9)$$

Результаты расчётов, полученные с использованием формул (5.1) - (5.9) представлены в таблице 5.2.» [17, 33].

«Таблица 5.2 Результаты расчётов экономической эффективности от применения культиватора с окучевателями корпусами и мульчирующим устройством» [84].

Показатели	Серийный культиватор	Опытный культиватор
Балансовая стоимость – Б, тыс. руб.	310000	318000
Затраты обслуживающего персонала – б тыс. руб.	36,2	21,7
Затраты на амортизацию и капитальный ремонт – А, тыс. руб.	455,6	257,9
Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт – Р, тыс. руб.	188,2	189,4
Прямые производственные затраты – С, тыс. руб.	72,9	71,6
Экономический эффект от прибавки урожая – на 1 га, тыс. руб. (при цене 30 руб. за кг) с 20 га		76800
Срок окупаемости разработки – $C_{\text{ок}}$ , год		0,3

### Вывод по главе 5

Материалы, представленные в пятой главе, позволяют комплексно оценить экономическую результативность применения разработанного окучника с мульчирующим устройством в технологии ухода за посадками

картофеля. Проведённые расчёты выполнены согласно ГОСТ 34393-2018 и базируются на данных лабораторно-производственной проверки, осуществлённой на базе ООО «Жито» Рыбновского района. Центральным критерием оценки выступает сопоставление производственных и агротехнических результатов работы экспериментального культиватора с серийным образцом, использующим стандартные окучивающие корпуса.

В основе экономического анализа лежит учёт прямых производственных затрат, включающих оплату труда механизатора, амортизационные отчисления, расходы на капитальный ремонт и техническое обслуживание. Расчёты Demonstrate, что при близкой балансовой стоимости серийного (310 тыс. руб.) и экспериментального (318 тыс. руб.) культиваторов новые рабочие органы позволяют существенно снизить часть затрат. Особенно заметна экономия по статьям амортизации и капитального ремонта: 455,6 тыс. руб. у серийного агрегата против 257,9 тыс. руб. у опытного. Положительная динамика связана с конструктивными особенностями мульчирующего узла, уменьшением ударных нагрузок на рабочие органы и более равномерным распределением почвенной массы при работе.

Затраты на техническое обслуживание для обоих культиваторов остаются практически одинаковыми, что подтверждает технологическую совместимость нового оборудования с существующими производственными регламентами. Прямые производственные затраты в целом снижаются с 72,9 тыс. руб. (серийный вариант) до 71,6 тыс. руб. (опытный), что отражает совокупный эффект оптимизации эксплуатации.

Наиболее значимый компонент экономического эффекта формируется за счёт повышения урожайности. Согласно данным производственной проверки, мульчирующее устройство обеспечивает прирост урожая на уровне 9%. Это увеличение достигается благодаря созданию мелкокомковатой структуры гребня, улучшению его влагоудерживающей способности, снижению амплитуды температурных колебаний в верхнем слое почвы и уменьшению повреждений ботвы. В условиях реального производства

прирост урожайности реализуется в виде прибавки валовой продукции, экономический эквивалент которой вычисляется исходя из закупочной цены — 30 руб. за килограмм. При обработке площади 20 га экономический эффект от увеличения урожайности составляет 76 800 руб.

Учитывая совокупность эксплуатационных и агротехнических факторов, срок окупаемости нового окучника составляет всего 0,3 года, что свидетельствует о высокой эффективности внедрения данного технического решения [84]. Такой показатель возможен благодаря сочетанию умеренных капитальных вложений, снижения эксплуатационных затрат и существенного роста продуктивности посадок картофеля.

Таким образом, проведённая экономическая оценка демонстрирует, что применение окучника с мульчирующим устройством обеспечивает значимое улучшение технологических и финансовых показателей производства картофеля. Полученные результаты подтверждают обоснованность разработки и практическую ценность предложенной конструкции для хозяйств, применяющих гребневую технологию возделывания.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Выполнен анализ по рабочим органам для окучивания картофеля и существующим техническим решениям для измельчения почвенных комков почвы при гребневой технологии возделывания картофеля.

2. Теоретическими исследованиями обоснованы параметры предлагаемого устройства (скорость движения окучника 2 м/с или 7,2 км/ч, минимальный радиус ротора при соприкосновении с гребнем 0,05 м). Установлено, что при движении почвы по рабочей поверхности окучника её скорость снижается более чем в 2 раза, с 2,5 м/с до 0,8 м/с.

3. Предложена технологическая схема культиватора с окучивающими рабочими органами и устройством для мульчирования поверхности картофельных гребней. Изготовлен и испытан образец, обеспечивающий совмещение операций окучивания и мульчирования поверхности гребней картофеля за один проход (Патент РФ на полезную модель № 227790).

4. Проведена экспериментальная проверка культиватора с новыми рабочими органами в полевых условиях. Уточнены параметры мульчирующего устройства для крошения почвенных комков в гребне, в результате чего тяговое сопротивление снизилось более чем на 20% за счет дифференцированного погружения пальцев (верхних 0,03 м, средних 0,04 м и нижних 0,05 м) в гребень.

5. Ожидаемым экономическим эффектом от применения экспериментальных окучников с устройством для мульчирования гребня является повышение урожайности на 9% за счет уменьшения повреждений стеблей растений в 4,9 раза.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.**

Применять разработанную конструкцию в культиваторах для окучивания посадок картофеля с устройством мульчирования поверхности гребней в гребневой технологии возделывания картофеля на различных почвах.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.**

Продолжением полученных результатов может являться совершенствование конструктивно-технологической схемы культиватора на основе полученных новых знаний и практического опыта с целью снижения затрат на эксплуатацию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авторское свидетельство № 1783954 СССР, МПК А01В 13/02, А01В 39/14. Культиватор для ухода за посадками картофеля: № 4861651: заявл. 23.08.1990: опубл. 23.12.1992 / В. И. Старовойтов, М. Н. Гикошвили, И. П. Шостаковский, А. Н. Макущенко; заявитель научно-исследовательский институт картофельного хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук. – EDN RRMUJL;
2. Агротехнические предпосылки к вопросу исследования рабочих органов для обработки почв под картофель / А. В. Шемякин, В. А. Макаров, Ж. В. Даниленко, В. В. Терентьев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 181-188. – DOI 10.36508/RSATU.2024.34.78.024. – EDN AGTNHU;
3. Анализ рабочих органов для ухода за посадками картофеля / В. Д. Липин, Ж. В. Даниленко, Т. В. Подлеснова, А. В. Безруков // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 20 марта 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 21-29. – EDN UHUPQF.
4. Виды фрезерных культиваторов: [https://agro-sistema.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=282](https://agro-sistema.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282)
5. Влияние микроэлементов в хелатной форме при выращивании клубнеплодов картофеля и топинамбура / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14, № 1(68). – С. 61-70. – DOI 10.53914/issn2071-2243\_2021\_1\_61. – EDN VTEORJ.
6. Влияние средообразующих факторов на урожайность картофеля / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина [и др.] //

Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 4-10. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-5-4-10. – EDN TMSOOM.

7. Влияние технологических приемов на урожайность картофеля / П. И. Гаджиев, А. П. Башкиров, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 3(57). – С. 41-47. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-3-41-47. – EDN TGZPCE.

8. Выращивание картофеля и топинамбура с применением микроэлементов / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, В. А. Чайка // Вестник ИрГСХА. – 2022. – № 108. – С. 41-52. – DOI 10.51215/1999-3765-2022-108-41-52. – EDN ZZMJPT.

9. Гаджиев, П. И. Анализ работ в области динамической нагруженности комкоразрушающих барабанов от взаимодействия с почвой / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, Н. Г. Байбобоев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 3(333). – С. 22-28. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-3-22-28. – EDN ATAUWQ.

10. Гаджиев, П. И. Разработка ресурсосберегающей технологии и технических средств для возделывания картофеля / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, И. П. Гаджиев // Наука в центральной России. – 2024. – № 1(67). – С. 110-117. – DOI 10.35887/2305-2538-2024-1-110-117. – EDN GRTSIQ.

11. Гаджиев, П. И. Способ возделывания картофеля на тяжелых и каменистых почвах / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, И. П. Гаджиев // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 2(320). – С. 16-18. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-2-16-18. – EDN OLHRDV.

12. ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» - 27 с.

13. ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки» - 29 с.

14. ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» – 12 с.

15. ГОСТ 34631-2019 «Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки» - 13 с.

16. ГОСТ Р 54783- 2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения» - 23 с.

17. Грядообразователь роликовый Rumpstad RSRR 4x75 (4x70), принятый за базовую машину / М. С. Туболев, В. Д. Липин, Т. В. Подлеснова, Ж. В. Даниленко // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития : материалы Всероссийской студенческой научно- практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Рязань, 08 февраля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 88-95. – EDN NPMQLQ.

18. Гутов, И. С. Анализ рабочих органов культиватора / И. С. Гутов, Е. С. Зыкин // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения : материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 769-775. – EDN НННАJB.

19. Зыкин, Е. С. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Зыкин Евгений Сергеевич. – Ульяновск, 2017. – 637 с. – EDN OIRHDQ.

20. Инновационные технологии борьбы с сорняками / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, О. С. Хутинаев, Н. Э. Шабанов // Научные труды по агрономии. – 2023. – № 3-4. – С. 18-26. – DOI 10.35244/2658-7963-2023-8-3-18-26. – EDN OFOLGK.

21. Исследование влияния ширины междурядья на урожайность при возделывании продовольственного картофеля / В. И. Старовойтов, А. В. Коршунов, О. А. Старовойтова [и др.] // Наука в центральной России. – 2021.

– № 3(51). – С. 40-47. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-3-40-47. – EDN FNBAУВ.

22. Исследование твердости почвы в условиях личных подсобных и индивидуальных хозяйств населения / А. С. Уланов, В. Ф. Купряшкин, Н. И. Наумкин, Д. А. Наумкин // Инженерные технологии и системы. – 2024. – Т. 34, № 4. – С. 530-548. – DOI 10.15507/2658-4123.034.202404.530-548. – EDN AWROTP.

23. Кабаков, Н. С. Возделывание сельскохозяйственных культур на новой агротехнической основе / Н. С. Кабаков, А. Г. Пономарев // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 6. – С. 36-38. – EDN UHBCNH.

24. Кабаков, Н. С. Новая машинная технология производства картофеля / Н. С. Кабаков, А. Г. Пономарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – № 12. – С. 13-14. – EDN UHBCNR.

25. Компьютерная модель обработки почвы фрезой / Г. Г. Рамазанова, М. И. Белов, П. И. Гаджиев // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 10. – С. 31-36. – EDN ULHEON.

26. Конструктивные особенности фрезы для сплошной обработки почвы / П. И. Гаджиев, К. Л. Коваль // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2008. – № 4(9). – С. 123. – EDN OHWMUJ.

27. Костенко, М. Ю. Исследование влияния подготовки почвы на качество работы картофелеуборочных машин / М. Ю. Костенко, Н. А. Костенко // Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК : МАТЕРИАЛЫ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ посвященной 165-летию со дня рождения П.А. Костычева, Рязань, 02–07 сентября 2010 года. – Рязань, 2010. – С. 131-134. – EDN PXVDJN.

28. Культиватор-гребнеобразователь Иксион, принятый за базовую машину / А. В. Безруков, В. Д. Липин, Ж. В. Даниленко, Т. В. Подлеснова // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25

апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 19-25. – EDN IBVBBL.

29. Культиватор-гребнеобразователь КГП-4 / В. Д. Липин, Ж. В. Даниленко, Т. В. Подлеснова, А. В. Безруков // Инженерные решения для АПК : Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 84-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 16–17 ноября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 17-23. – EDN MZQPWN.

30. Культиватор - гребнеобразователь Колнаг GE-FORCE для картофеля к трактору: <https://direct.farm/post/kultivator-grebneobrazovatel-kolnag-geforce-dlya-kartofelya-k-traktoru-23187>

31. Купряшкин, В. Ф. Эффективное использование почвообрабатывающих агрегатов на базе мотоблоков / В. Ф. Купряшкин, А. С. Уланов. – Саранск : ООО «Типография «Рузаевский печатник», 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-98344-660-1. – EDN RUUQBM.

32. Липатов, Н. В. Обоснование параметров культиватора-подкормщика : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липатов Николай Васильевич. – Рязань, 2023. – 119 с. – EDN QJQKKS.

33. Липин, В. Д. Дополнительные опции пропашного универсального культиватора РКТ-8, принятого за базовую машину / В. Д. Липин, Ж. В. Даниленко, Т. В. Подлеснова // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024. – С. 5-11. – EDN IKDIBE.

34. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля и определение работы на крошение почвы / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов // Актуальные вопросы развития аграрного образования и науки : Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 21 октября 2010 года. Том Часть 1. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2010. – С. 122-124. – EDN VWKDSZ.

35. Машина для подготовки почвы к посадке и уборке картофеля с автоматическим управлением нагрузкой комкоразрушающего устройства / П. И. Гаджиев, В. В. Гончаров // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2009. – № 7(12). – С. 126. – EDN OIOJEP.

36. Машинная технология производства картофеля в тяжелых почвенных условиях / А. Г. Пономарев, А. А. Сорокин, Э. С. Рейнгарт [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2009. – 48 с. – EDN UGMKMT.

37. Методологическая основа для создания почвообрабатывающих фрез / А. В. Безруков, Н. И. Наумкин, В. Ф. Купряшкин, В. В. Купряшкин // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 4. – С. 490-503. – DOI 10.15507/2658-4123.032.202204.490-503. – EDN HLLCNY.

38. Минимальная мульчирующая обработка почвы / А. П. Спиринов, А. Ю. Измайлов, О. А. Сизов, А. С. Извеков // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1. – С. 27-32. – EDN IJONAB.

39. Минимализация агротехнических приемов в процессе ухода за посадками картофеля / А. А. Молявко, А. В. Марухленко, Л. А. Еренкова [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4(74). – С. 8-15. – EDN HAVMHV.

40. Модель определения коэффициента рыхления почвы двойной почвообрабатывающей фрезой / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов, П. М. Тюпаев [и др.] // Техника и технология транспорта. – 2024. – Т. 32, № 1. – EDN OBYLUN.

41. Научно обоснованная технология возделывания картофеля для условий изменяющегося климата / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 9(315). – С. 22-26. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-9-22-26. – EDN WORFHD.

42. Навесной почвообрабатывающий модуль с комбинированным вращением активных рабочих органов для мотоблоков / А. Ю. Гусев, В. Ф. Купряшкин, А. С. Уланов, В. В. Купряшкин // Сельский механизатор. – 2023. – № 1-2. – С. 14-15. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-1-2-14-15. – EDN AFZCZL.

43. Новая технология подготовки почвы перед посадкой картофеля / Н. Г. Байбобоев, П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 12(342). – С. 11-13. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-12-11-13. – EDN LGBВII.

44. Обоснование конструктивных параметров рабочих элементов привода навесного почвообрабатывающего модуля с комбинированным вращением активных рабочих органов / А. Ю. Гусев, В. Ф. Купряшкин, А. С. Уланов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 2(296). – С. 15-21. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-2-15-21. – EDN ZGTIQA.

45. Обоснование параметров окучивающих корпусов с мульчирующим устройством при возделывании картофеля по гребневой технологии / Ж. Н. Даниленко, А. Н. Зазуля, А. В. Шемякин [и др.] // Наука в центральной России. – 2025. – № 1(73). – С. 56-63. – DOI 10.35887/2305-2538-2025-1-56-63. – EDN ULSMQD.

46. Определение динамических нагрузок машин для подготовки почвы под посадку картофеля / Н. Г. Байбобоев, П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2026. – Т. 20, № 1. – С. 45-51. – DOI 10.22314/2073-7599-2026-20-1-45-51. – EDN APOOJY.

47. Оптимизация подготовки почвы при возделывании топинамбура / В. А. Бызов, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Техника и

оборудование для села. – 2025. – № 1(331). – С. 22-26. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-1-22-26. – EDN UKXJSU.

48. Орудия для междурядной обработки / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов [и др.] // Сельский механизатор. – 2013. – № 12. – С. 16-17. – EDN RXTLIV.

49. Патент № 2809984 С1 Российская Федерация, МПК А01В 79/02. Способ возделывания картофеля с чередующимися гребнями : № 2023106045 : заявл. 15.03.2023 : опубл. 20.12.2023 / П. И. Гаджиев, Е. В. Шестакова, Г. Г. Рамазанова [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования министерства сельского хозяйства российской федерации "Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского". – EDN QOUUHT.

50. Патент на полезную модель № 139244 U1 Российская Федерация, МПК А01В 33/02, А01В 39/00. Фреза для сплошной обработки почвы : № 2013149222/13 : заявл. 05.11.2013 : опубл. 10.04.2014 / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов, М. М. Махмутов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный аграрный заочный университет". – EDN SNPHIR.

51. Патент на полезную модель № 188611 U1 Российская Федерация, МПК А01В 33/00. Адаптивный ротор почвообрабатывающего орудия с вертикальной осью вращения : № 2019103007 : заявл. 04.02.2019 : опубл. 17.04.2019 / В. Ф. Купряшкин, М. Г. Шляпников, В. Н. Купряшкина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – EDN DQWJMS.

52. Патент на полезную модель № 200945 U1 Российская Федерация, МПК А01В 33/08. Почвообрабатывающая фреза с адаптацией режимов работы : № 2020129321 : заявл. 04.09.2020 : опубл. 20.11.2020 / А. В. Безруков, Н. И. Наумкин, В. Ф. Купряшкин ; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – EDN CFUDCN.

53. Патент на полезную модель № 211265 U1 Российская Федерация, МПК А01В 33/08, А01В 33/10. Адаптивный энергоэффективный рабочий орган для почвообрабатывающей фрезы : № 2022105114 : заявл. 25.02.2022 : опубл. 27.05.2022 / А. С. Князьков, В. Ф. Купряшкин, Н. И. Наумкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – EDN DBOJSI.

54. Патент на полезную модель № 219696 U1 Российская Федерация, МПК А01В 13/02. Рабочий орган окучника : № 2023104330 : заявл. 20.04.2023 : опубл. 01.08.2023 / Ж. В. Даниленко, В. А. Макаров, А. В. Шемякин, В. Д. Липин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN WJZRTT.

55. Патент на полезную модель № 227790 U1 Российская Федерация, МПК А01В 13/02. рабочий орган окучника : № 2024104977 : заявл. 27.02.2024 : опубл. 06.08.2024 / Ж. В. Даниленко, А. В. Шемякин, В. Д. Липин, Н. С. Даниленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN UJGJRV.

56. Повышение эффективности процесса прикатывания почвы / В. И. Курдюмов, И. А. Шаронов, Е. Н. Прошкин [и др.] // Технические науки - от теории к практике. – 2014. – № 33. – С. 180-185. – EDN SCCPHR.

57. Пономарев, А. Г. Обоснование конструктивной схемы сошниковой группы картофелесажалок / А. Г. Пономарев, В. Н. Зернов // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 13-14. – DOI 10.25630/PAV.2018.76.12.004. – EDN VOGLFG.

58. Проектирование рабочего органа окучника пропашного культиватора / Ж. В. Даниленко, А. В. Шемякин, В. Д. Липин, Н. С. Даниленко // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Российской Федерации : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Алексеевича Сорокина, Рязань, 24 января 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 6-11. – EDN PHASON.

59. Пропашной универсальный культиватор РКТ, принятый за базовую машину / В. Д. Липин, Ж. В. Даниленко, Т. В. Подлеснова, А. В. Безруков // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 124-131. – EDN AMYSIW.

60. Пропашные культиваторы и междурядная обработка почвы: <https://agroservers.ru/articles/6554.htm>

61. Прошкин, Е. Н. Повышение качества междурядной обработки пропашных культур / Е. Н. Прошкин, В. И. Курдюмов // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 10. – С. 5-7. – EDN KYOEJD.

62. Разработка культиватора-гребнеобразователя / Р. Р. Гареев, С. Г. Мударисов, Л. Н. Зорина // Наука молодых - инновационному развитию АПК : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Уфа, 10 декабря 2013 года / Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2013. – С. 160-162. – EDN SCYFUF.

63. Разрушаемость почвенных комков и повреждаемость клубней картофеля / В. В. Замешаев, С. Н. Борычев, Н. В. Бышов, И. А. Успенский // Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и сотрудников Рязанской государственной сельскохозяйственной академии имени профессора

П.А.Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2001. – С. 355-357. – EDN TNFTQH.

64. Результаты агротехнической и энергетической оценки культиватора для полосовой обработки почвы под технические культуры / С. Г. Мударисов, Р. И. Аминов, А. М. Мухаметдинов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(82). – С. 141-144. – EDN ACCAPU.

65. Результаты модернизации техники и технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур в экстремальных климатических условиях / В. В. Бледных, Н. К. Мазитов, И. В. Синявский [и др.] // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т. 70. – С. 5-13. – EDN TCSNPH.

66. Результаты полевых исследований почвообрабатывающей фрезы с ножами волнистым профилем / Г. Г. Рамазанова, П. И. Гаджиев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2015. – № 19(24). – С. 76-79. – EDN TWWXGK.

67. Рейнгарт, Э. С. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения / Э. С. Рейнгарт, А. А. Сорокин, А. Г. Пономарев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 10. – С. 3-5. – EDN KXMHFH.

68. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024684478 Российская Федерация. Программа сбора, записи, анализа и визуализации данных экспериментальных исследований почвообрабатывающих активных рабочих органов "Tillage milling cutter" : № 2024683219 : заявл. 09.10.2024 : опубл. 17.10.2024 / В. Ф. Купряшкин, А. С. Уланов, А. Ю. Гусев, В. П. Никитин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – EDN JRKKCH.

69. Сибирев, А. В. Обоснование конструктивных параметров сошника с пружинно-упругим механизмом для заделки посадочного материала почвой

/ А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2019. – № 2(90). – С. 20-24. – EDN ZDPQ TZ.

70. Силовые и энергетические параметры почвообрабатывающей фрезы / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов, Ю. Р. Хисматуллина, М. М. Махмутов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 36(41). – С. 70-73. – EDN GWJOZF.

71. Современные почвообрабатывающие машины / А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин, С. М. Яхин, Д. Т. Халиуллин. – 2-е издание, исправленное. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2016. – 208 с. – EDN ZCWWKL.

72. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин, Ф. Ф. Мухамадьяров [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 264 с. – EDN YMOCJY.

73. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А. Ю. Измайлов, Н. Н. Колчин, Я. П. Лобачевский, Н. Г. Кынев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 2. – С. 45-48. – EDN TOCCQL.

74. Способ подготовки почвы под картофель / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов, А. И. Алексеев [и др.] // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2018. – № 28(33). – С. 40-45. – EDN UCCEVQ.

75. СТО АИСТ 1.17-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы сравнительной оценки с использованием многофакторного корреляционно-регрессионного анализа.

76. Техническое обслуживание культиватора-гребнеобразователя КГП – 4 / В. Д. Липин, М. С. Туболев, Т. В. Подлеснова, Ж. В. Даниленко // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития : материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Рязань, 08

февраля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 27-34. – EDN EHDCDB.

77. Теоретические исследования культиваторов для окучивания картофеля с пассивными рабочими органами / А. В. Шемякин, Ж. В. Даниленко, И. А. Успенский [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 174-181. – DOI 10.36508/RSATU.2025.32.56.024. – EDN OZQONC.

78. Теоретические подходы к оптимизации уборки топинамбура в условиях неопределенности / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 7(313). – С. 22-27. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-7-22-27. – EDN CNHLSA.

79. Шамонин, В. И. Влияние глубины рыхления и агросроков междурядной обработки овощных культур и картофеля на динамику изменения водно-воздушного режима почвы в гребне / В. И. Шамонин, А. В. Сергеев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 54. – С. 128-134. – DOI 10.24411/2078-1318-2019-11128. – EDN HJIXTX.

80. Шамонин, В. И. Влияние глубокого рыхления при формировании гребней на динамику изменения пористости почвы / В. И. Шамонин, А. В. Сергеев // Молодой ученый. – 2017. – № 6(140). – С. 181-185. – EDN XXJVZN.

81. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025663745 Российская Федерация. УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ РОТОРА ОКУЧНИКА: № 2025661953: заявлено 15.05.2025 : опубликовано 29.05.2025, Бюл. № 6 / Шемякин А.В., Успенский И.А., Костенко М.Ю., Юмаев Д.М., Даниленко Ж.В.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (RU). – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.

82. Энергетическая и агротехническая оценка секции культиватора для полосовой обработки почвы / С. Г. Мударисов, И. М. Фархутдинов, И. Э.

Валиуллин // АПК России: образование, наука, производство : Сборник статей III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Саратов, 08–09 декабря 2021 года / Под научной редакцией М.К. Садыговой, М.В. Беловой, А.А. Галиуллина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 236-238. – EDN UERGYD.

83. Этапы создания почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами с 1960 по 2025 г. (МГУ им. Н. П. Огарёва) / Н. И. Наумкин, В. Ф. Купряшкин, А. Ю. Новоченко [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 9. – С. 145-151. – DOI 10.28983/asj.y2025i9pp145-151. – EDN UTVCOO.

84. Эффективность использования окучивающих рабочих органов с мульчирующим реактивным устройством в гребневой технологии возделывания картофеля / А. Н. Зазуля, Ж. Н. Даниленко, В. А. Макаров, О. В. Макарова // Наука в центральной России. – 2024. – № 1(67). – С. 16-22. – DOI 10.35887/2305-2538-2024-1-16-22. – EDN VDCBKM.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ  
№ 219696

### РАБОЧИЙ ОРГАН ОКУЧНИКА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)*

Авторы: *Даниленко Жанна Валерьевна (RU), Макаров Валентин Алексеевич (RU), Шемякин Александр Владимирович (RU), Липин Владимир Дмитриевич (RU)*

Заявка № 2023104330

Приоритет полезной модели 20 апреля 2023 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации 01 августа 2023 г.

Срок действия исключительного права  
на полезную модель истекает 20 апреля 2033 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 227790

### РАБОЧИЙ ОРГАН ОКУЧНИКА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)*

Авторы: *Даниленко Жанна Валерьевна (RU), Шемякин Александр Владимирович (RU), Липин Владимир Дмитриевич (RU), Даниленко Никита Сергеевич (RU)*

Заявка № 2024104977

Приоритет полезной модели 27 февраля 2024 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 06 августа 2024 г.


Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 27 февраля 2034 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор ФГБОУ ВО РГАТУ  
д-р техн. наук, профессор  
Боричев Сергей Николаевич  
« 09 » \_\_\_\_\_ 2024 г.



### СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Материалы диссертационной работы Даниленко Жанны Валерьевны направленной на обоснование параметров культиватора для окучивания с мульчированием гребня картофеля используются в учебном процессе на инженерном факультете федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) при обучении магистрантов по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, направленность (профиль) «Цифровые технические системы в агробизнесе», в рамках учебно-методического комплекса дисциплины «Машины, и оборудование в растениеводстве и животноводстве».

Декан инженерного факультета  
канд. техн. наук, доцент



Бачурин А. Н.



Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению:

1. Подготовить опытно-конструкторские работы по созданию опытного образца пропашного культиватора с устройством для мульчирования гребней и окучивающими корпусами повышенной производительности.
2. Продолжить исследования и разработку перспективных технологий и технических средств для машинного производства картофеля.

Научно-исследовательская работа выполнена коллективом авторов:

д-р. техн. наук А.В. Шемякин

д-р. техн. наук В.А. Макаров

соискатель Ж.В. Даниленко

**Представитель ФГБОУ ВО  
РГАТУ: научный руководитель  
НИР**

А.В. Шемякин



(подпись)

2024 г.

**Представитель ООО «Жито»:  
генеральный директор**

В.М. Кречетов



(подпись)

2024 г.

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025663745

### «УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ РОТОРА ОКУЧНИКА»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (RU)*

Авторы: *Шемякин Александр Владимирович (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU), Костенко Михаил Юрьевич (RU), Юмаев Дмитрий Михайлович (RU), Даниленко Жанна Валерьевна (RU)*

Заявка № 2025661953

Дата поступления 15 мая 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 29 мая 2025 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов