

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Волгоградский государственный аграрный университет»



На правах рукописи

БОРОДИН ВИТАЛИЙ ИГОРЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕЖДУРЯДНОЙ
ОБРАБОТКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ЗА СЧЕТ
ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ
ПОЛОЛЬНЫХ ЛАП**

Специальность 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса (технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Мартынов Иван Сергеевич
к.т.н., доцент

Волгоград 2026 г.

	стр
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОЦЕНКА ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДИК И МАШИН ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	10
1.1 Условия возделывания бахчевых культур	10
1.2.Технология ухода за посевами	14
1.3. Обзор существующих сельскохозяйственных машин и орудий для междурядной обработки почвы	24
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	31
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛОЛЬНОЙ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА	32
2.1. Выбор и обоснование технологических параметров рабочего органа пропашного культиватора	32
2.2 Силовой анализ работы секции культиватора с модернизированным рабочим органом	34
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	48
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	49
3.1 Общая методика экспериментальных исследований	51
3.2. Методика определения физико-механических свойств почвы	54
3.3. Определение плотности почвы	56
3.4 Определение коэффициентов трения покоя	58
3.5. Планирование факторного эксперимента	65
3.6 Методика исследования развития корневой системы	73
3.7 Методика определения тягового сопротивления	76
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	83
4.1 Характеристика влажности почвы	83
4.2 Определение плотности почвы	96

4.3. Определение коэффициентов трения движения почвы	97
4.4. Определение параметров уплотнителя	98
4.5 Оптимизация конструктивных параметров уплотнителя	100
4.6 Определение развития корневой системы	106
4.7 Определение тягового сопротивления	108
4.8 Полевые испытания рабочего органа культиватора, сравнительная динамика роста арбуза	110
ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ	114
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА	115
5.1 Механизированная технология междурядной обработки бахчевых культур и ее экономическая эффективность	115
ВЫВОДЫ ПО ПЯТОЙ ГЛАВЕ	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	127
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	141
ПРИЛОЖЕНИЯ	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Междурядная обработка почвы дает возможность контролировать засорённость посевов нежелательной растительностью, сбалансированность поступления минералов к растениям и результативность использования удобрений. Повышение продуктивности как пропашных, так и других сельскохозяйственных культур—это приоритетная задача при разработке усовершенствованных технологических подходов и рабочих элементов техники для обработки почвы. В частности, важнейшими этапами в процессе возделывания пропашных растений являются посев и дальнейший уход за ними.

При выращивании бахчевых культур возникает проблема недостаточной влажности почвы в прикорневой зоне, особенно это важно на стадии появления первых листьев и начала развития корневой системы. К тому же это важно связи с тем что сорные растения развиваются быстрее и для них не требуется большое количество влаги чем для культурных, тем самым сорняки забивают почву, мешая развитию культурных растений. Поэтому для борьбы с сорняками применяется поверхностная обработка почвы.

Исходя из выше изложенного, возникает острая необходимость в разработке и внедрении усовершенствованных рабочих органов для междурядной обработки почвы. Эти органы должны быть ориентированы на эффективное подавление сорной растительности при одновременном повышении уровня влажности почвы в корнеобитаемой зоне культурных растений.

Решение этой проблемы, особенно важно для такого вида пропашных культур, как бахчевые, возделываемые как правило в условиях засушливого климата. Это поможет повысить урожайность пропашных культур и улучшить экономический показатель сельскохозяйственного производства.

Степень разработанности темы. В исследования по механизации бахчеводства огромный вклад внесли известные ученые: Листопад Г.Е., Цепляев А.Н., Шапров М.Н., Чабан Л.Н., Малюков В.И., Абезин В.Г., Далин А.Д., Кудзаев А.Б., Пындак В.И. и многие другие.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями процесса поверхностной обработки пропашных культур занимались Бойков В.М., Абезин В.Г., Цепляев А.Н., Алдошин Н.В., Несмиян А.Ю., Борисенко И.Б. и другие.

В настоящее время над проектированием и созданием машин для междурядной обработки бахчевых культур плодотворно работают сотрудники Волгоградского ГАУ: Цепляев А.Н., Цепляев В.А., Шапров М.Н., Мартынов И.С., Матасов А.Н.

Объект исследований - междурядная обработка бахчевых культур и конструктивно – технологические параметры рабочих органов культиватора.

Предмет исследований – технологический процесс обработки почвы полольными лапами с обоснованием их конструктивно-технологических параметров.

Целью исследования - является повышение эффективности технологии междурядной обработки бахчевых культур за счет совершенствования конструкции полольных лап, позволяющих увеличивать влажность в почве в прикорневой зоне.

Задачи исследования.

1. Проанализировать существующие технологии и средства механизации междурядной обработки пропашных культур.
2. Усовершенствовать конструкцию полольной лапы пропашного культиватора.
3. Провести теоретические исследования модернизированной полольной лапы культиватора КРН-4.2 с установленным уплотнителем с целью обоснования ее основных конструктивных параметров.

4. Осуществить экспериментальную проверку модернизированной полольной лапы пропашного культиватора для определения и подтверждения ее основных конструктивных характеристик.

5. Определить экономическую эффективность применения модернизированной полольной лапы пропашного культиватора при междурядной обработке бахчевых культур.

Научную и техническую новизну составляют:

- модернизированная конструкция полольной лапы пропашного культиватора.
- теоретическое обоснование параметров уплотнителя полольной лапы.

Новизна технических решений подтверждается патентами РФ на полезную модель № 221726, 236740.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в получении аналитической зависимости, по определению конструктивных параметров уплотнителя полольной лапы, обеспечивающего подтягивание почвенной влаги к корневой системе бахчевых культур.

Определено условие, обеспечивающее скользящее перемещение почвы по поверхности модернизированной полольной лапы.

Модернизирована конструкция рабочего органа культиватора, обеспечивающая увеличение влажности почвы. Определены основные конструктивно-технологические параметры уплотнителя полольной лапы культиватора. Практическая значимость состоит в том, что модернизированная полольная лапа культиватора позволяет осуществить междурядную обработку бахчевых культур и повысить влажность почвы в корнеобитаемом слое.

Методология и методы исследования. Для проведения теоретических исследований мы опирались на проверенные временем принципы и инструменты классической механики и математики, которые составляют основу нашего понимания исследуемых явлений. В ходе экспериментальных

исследований был использован комплексный подход, сочетая работу в реальных условиях (полевые исследования) с точными измерениями в лабораторной среде. Все этапы экспериментов проходили в строгом соответствии с действующими стандартами, чтобы обеспечить достоверность результатов. Для достижения максимальной эффективности и глубины анализа мы применяли как широко используемые, так и собственные методики, а также задействовали большой аппарат теории многофакторного планирования эксперимента.

Лабораторные испытания лап были реализованы на специализированной установке, расположенной в почвенном канале Волгоградского государственного аграрного университета. Обработка собранных данных осуществлялась с помощью стандартных программных средств.

Положения выносимые на защиту:

1. модернизированная конструкция полольной лапы пропашного культиватора новизна которой подтверждается патентами на полезную модель РФ № 221726, 236740;
2. результаты теоретических и экспериментальных исследований модернизированной конструкции полольной лапы пропашного культиватора;
3. технико-экономические показатели эффективности применения модернизированных полольных лап пропашного культиватора.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждается материалами проведенного исследования с использованием современной регистрирующей и измерительной аппаратуры в лабораторных условиях и в процессе проведения полевых испытаний. Также результаты исследований имеют высокую сходимость теоретических данных и данных, полученных экспериментальным путем, в том числе в полевых условиях. Результаты исследований по теме научно-квалификационной работы были доложены, обсуждены и одобрены на следующих научных мероприятиях:

1. XXVII региональной конференции молодых ученых и исследователей, 10-11 ноября 2022, г. Волгоград;
2. Международной научно-практической конференции «Актуальные тенденции в развитии агрономической науки» 27 февраля 2023г. Новосибирск;
3. XXVIII региональной конференции молодых ученых и исследователей, 25–27 октября 2023 года, г. Волгоград;
4. Международная конференция «Научные исследования – основа современной инновационной системы», 1 мая 2024 г. В г. Стерлитамак;
5. XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей «наука и молодежь: новые идеи и решения» посвященной 80-й годовщине победы в великой отечественной войне. 20-21 марта 2025, г. Волгоград;
6. XXX региональной конференции молодых ученых и исследователей, ноябрь 2025 , г. Волгоград;
7. Национальной научно-практической конференции «Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий» 28 ноября 2025г. Волгоград;
8. Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации» 26-27 февраля 2026г., Волгоград.

Разработанные рабочие органы успешно внедрены в комплексе машин ИП Икоева Н.Л. Астраханской области (2025г.) и ООО «АгроПрогресс» Волгоградской области (2025г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получены 2 патента РФ на полезную модель. Общий объем опубликованных работ составляет 3,77 п.л., в том числе на долю автора приходится 1,5 п.л.

Объем и структура диссертации. Научная работа изложена на 160 страницах текста и включает в себя: введение, 5 глав, заключение, список условных обозначений, список литературы, приложения. Список литературы состоит из 111 источников, в работе 82 изображения, 12 таблиц и 15 приложений.

ГЛАВА 1. ОЦЕНКА ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДИК И МАШИН ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

1.1 Условия возделывания бахчевых культур

Основные районы товарного бахчеводства (преимущественно по выращиванию арбуза) сосредоточены в зонах, существенно отличающихся по почвенно-климатическим условиям: Нижнем и Среднем Поволжье, Северном Кавказе, в Крыму. Возделывают бахчевые культуры и в других зонах, но в основном для местного потребления и поэтому они не представляют интереса для их анализа и сравнения с ведущими зонами [12,13,14]. Самым крупным районом производства является Нижнее Поволжье – это Астраханская и Волгоградская области, где традиционно сосредоточены значительные площади с бахчевыми культурами (арбуз, дыня, тыква и др.)[5]. Этот регион является одним из ведущих в России по их производству, поскольку сухой климат и малый объем осадков ограничивают развитие других направлений сельского хозяйства[11].

Арбуз - это однолетняя культура, согласно Кузьмину Е.Г. она обладает: «мощной корневой системой, основная масса которой распространяется в горизонтальном слое на глубине 0,5м. Основной корень арбуза способен проникать в почву на глубину свыше метра. От него отходят боковые корни, которые в свою очередь разветвляются на корни первого, второго, третьего и последующих порядков» (рисунок 1.1) [7].

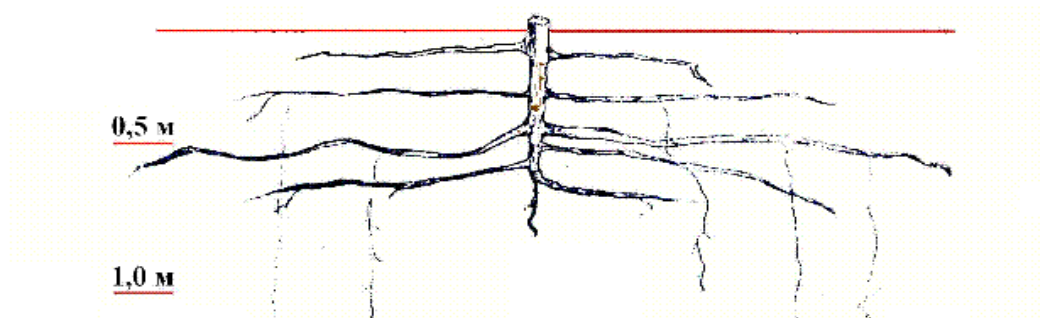


Рисунок 1.1- Корневая система арбуза

Количество боковых корней варьируется в зависимости от сорта растения и окружающей среды. Большая часть этих корней находится в

верхнем слое почвы (пахотном горизонте) и чуть глубже. Корни второго и третьего порядка играют ключевую роль в поглощении питательных веществ. Одно растение может иметь до 100 тысяч корней, отвечающих за питание [3,4,6,8,28,98].



Рисунок 1.2- Фазы формирования коневой системы

Плоды бахчевых культур называемой тык виной достигает внушительных размеров – от 14 до 35 см. в длину. Форма плода может быть как шаровидной так и вытянутой а его поверхность гладкая.

Жизненный цикл бахчевых культур, например, арбуза включает стадии:

Прорастание: Семена арбуза обычно сажают в тёплую почву, прорастание происходит в течение 4–12 дней. Появляются всходы, запускается процесс роста (рисунок 1.2).

Рост: на этом этапе растение арбуза быстро растёт, образуя плети, листья и дополнительные корни, длительностью: от 4 до 6 недель.

Цветение: Растения арбуза дают мужские и женские цветки.

Созревание: После успешного опыления оплодотворённые цветки превращаются в плоды (рисунок 1.3), длительность: 4–6 недель [27, 30 ,44].

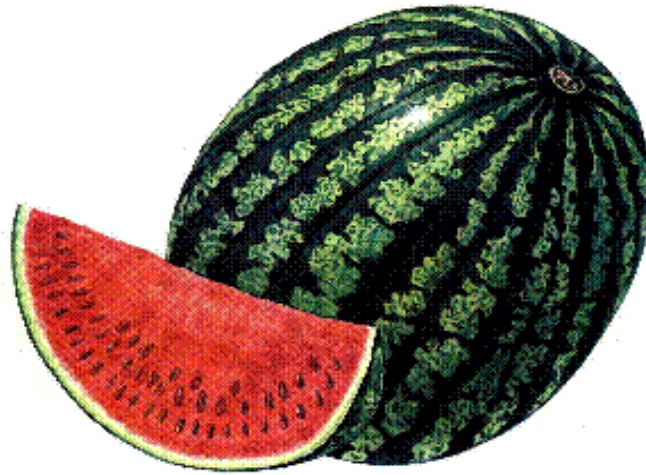


Рисунок 1.3- Плод арбуза

Помимо арбуза активно выращивают и другие виды бахчевых (рисунок 1.4) такие как:

Тыква (рисунок 1.4а). В работах Дунина А.П., Троца В.Б. существуют следующие описания тыкв: «Плоды разнообразны по форме (шаровидные, сплюснутые, эллипсоидальные и другие) и размеру. Их окраска варьируется от белой и желтой до оранжевой, серой и коричневой. Мякоть плода имеет оттенки от бледно-белого до насыщенно-оранжевого» [63, 75,91].

Широко возделываются в РФ как кормовая, так и столовая тыквы.

Дыня (рисунок 1.4б). Плод–различной формы (округлая, цилиндрическая, сплюснутая, змеевидная), массой 20 кг. Быковский Ю.А. писал: «что окраска плодов жёлтая, оранжевая, кремовая, с рисунком. Поверхность гладкая, сегментированная, сетчатая. Мякоть плодов белая, оранжево-жёлтая, зелёная, по консистенции может быть сочная, плотная, вязкая, по вкусу сладкая с ароматом» [4,51].



Рисунок 1.4.- Бахчевые культуры

а) тыква; б) дыня

Для успешного выращивания тыкв, дынь и арбузов, которые любят тепло, важно правильно выбрать время посева. В своих работах Белик В.Ф. и Быковский Ю.А. писали: «необходимо учитывать не только температуру почвы, но и ее влажность. Дело в том, что с повышением температуры верхний слой почвы быстро пересыхает, и может привести к позднему и неравномерному всходу. Хотя семена тыквы прорастают быстрее при температуре 12-14°C, дыни при 15-16°C, а арбуз при 16-17°C, поэтому оптимальным сроком для посева арбузов и дынь, с учетом влажности почвы, считается когда температура почвы на глубине 10см. достигает 12-14°C. Для тыквы подходящая температура почвы на этой же глубине составляет 9-10°C. Темпы поглощения семенами воды и ее количество зависит от культуры и сорта. Для полного набухания семян дыни нужно 41-45%, а для семян арбуза и тыквы 48-50% воды от массы абсолютно сухих семян» [8, 13,47,48].

1.2. Технологии ухода за посевами

Согласно Соколову А.С.: «рекомендуемые сроки посева тыквы выполняются в период с 21 по 30 апреля, арбузы и дыни высевают в период с 26 апреля по 10 мая, но в первую очередь опираясь на температуру почвы в оптимальных условиях семена арбуза прорастают в течение 9-10 дней, дыни 8-9, а тыквы 6-7 дней» [28,52].

Так, известный ученый Бурбель А.Ф. в своих работах писал: «глубина на которую высевают семена, определяется их размером, а также условиями окружающей среды: температурой, структурой почвы и влажностью. Для арбуза идеальная глубина посадки 6-8 см., для дыни 4-6см., а для тыквы 8-10см. При хорошем уровне влаги и на тяжелых почвах семена заделываются мельче» [11].

Колебошина Т.Г., указывала на то что: «при неблагоприятных погодных условиях в сухие весны нормы посева увеличиваются на 25-30%. Для более раннего проведения первой междурядной обработки сев проводят с добавлением семян маячной культуры (300 г подсолнечника на 1 га)» [28], что приводит к повышению затрат.

Площадь посева и его схема определяются условиями выращивания, включая плодородие почвы и количество осадков. Тыква и кормовой арбуз требуют обширных участков, тогда как столовый арбуз занимает чуть меньше места для посева. Дыня же высаживается наиболее плотно. В Волгоградском Заволжье важно учитывать оптимальную густоту посадки: чрезмерное уплотнение посевов ухудшает качество продукции, а недостаточная плотность снижает урожайность. В условиях засушливого климата Волгоградской области схема посева с междурядьями 250см. признана наиболее эффективной. Такая ширина междурядий идеально подходит для механизированной обработки и уборки урожая. Она дает возможность проводить больше междурядных культиваций, что в условиях засухи становится альтернативой поливу и существенно снижает затраты труда на борьбу с сорняками [36, 46,49,50,51,84 ,99, 100].

Уход за посевами пропашных культур по обычной технологии предполагает до трёх механизированных обработок междурядий [1, 26,42,80].

Для всех пропашных культур при междурядной обработке важно соблюдать следующие общие правила:

1. Проводить работы своевременно, агротехнические сроки;
2. Регулировать глубину обработки в зависимости от цели, состояния посевов и погодных условий. Например, для оптимального развития корневой системы используются различные инструменты обработки, регулируя их глубину в зависимости от ситуации. В засушливых условиях обработка почвы должна быть щадящей, чтобы сохранить влагу в нижних слоях. При избытке влаги почву рыхлят, обеспечивая доступ кислорода к корням. Глубина обработки должна соответствовать заданным параметрам с отклонением не более $\pm 1\text{см}$ [88];
3. Уничтожение всех сорняков в обработанной части междурядий;
4. Между растениями в рядах и обработанными междурядьями оставляется защитная зона, чтобы предотвратить повреждение культурных растений и их засыпание почвой во время обработки [53].

Для успешного выращивания пропашных культур важно бороться с сорняками на начальных этапах их развития, пока они не успели укорениться. Именно в этот период механические методы борьбы наиболее результативны. Так как многие сорняки появляются раньше культурных растений, прополку часто начинают еще до появления первых всходов. Система ухода за пропашными культурами специфична, что обуславливает широкий спектр требований к используемой технике [103-111].

Так по Малюкову В.И. мы знаем, что «основными способами ухода за пропашными культурами являются: механический и химический. Тем не менее, существуют и другие виды, включая термический и электрический.

Таким образом можно выделить четыре ключевых способа обработки посевов пропашных культур: механический, химический, термический и электрический (рисунок 1.5)» [24,45,62,78,82].

В ходе механической обработки почвы культиваторы осуществляют воздействие на почву, находящуюся в непосредственной близости от культурных растений (защитная зона), а так же на гребень. Федосеев В.М. писал: «данное воздействие может принимать форму рыхления, подрезания, окучивания, без воздействия на гребень почвы, разрушением гребня»[93].

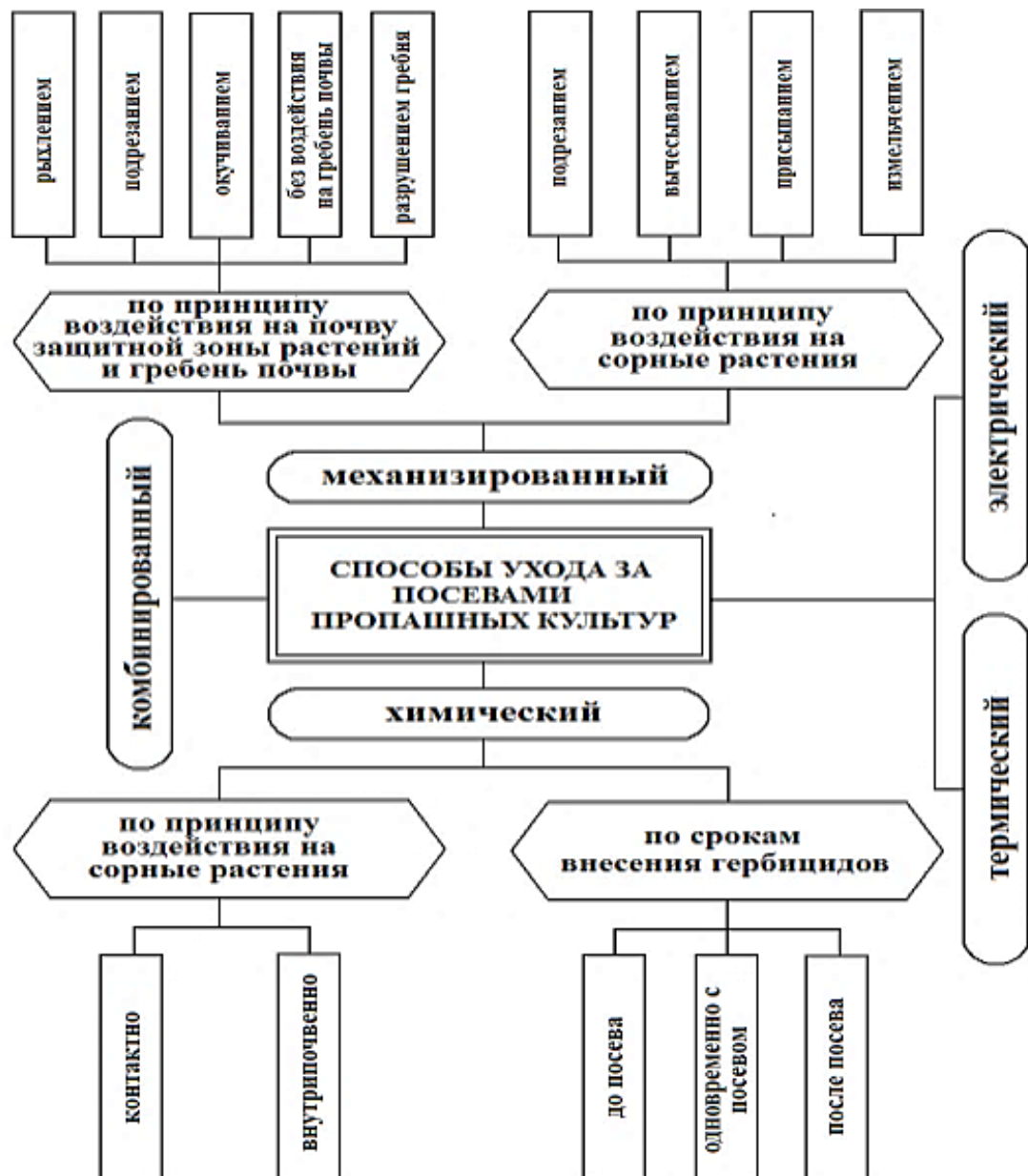


Рисунок 1.5 - Способы ухода за посевами пропашных культур

Поверхностная обработка почвы в непосредственной близости от культурных растений (в защитных зонах) выполняет две важные задачи: оно эффективно уничтожает сорняки и предотвращает образование плотной

корки, тем самым обеспечивая свободный доступ кислорода к корневой системе[33,40,102]. Процесс окучивания заключается в перемещении почвы из пространства между рядами растений к их основаниям, что способствует подавлению сорняков и уходу за самими культурами [93,94]. При механизированной обработке посевов расположенных на гребнях, междурядья подвергаются воздействию различных рабочих органов, таких как стрельчатые, бритвенные, рыхлительные и долотообразные лапы, а также игольчатые диски. При этом боковые поверхности остаются нетронутыми[102, 103-109].

Термический метод избавления от сорняков, является одним из самых эффективных и безопасных для культурных растений. Он основывается на применении высоких температур, что, в отличие от того же химического метода, не вредит почве.

Процесс термической обработки земли включает в себя различные способы такие как инфракрасное облучение, использование пара, тепловые насосы и другие. Эти методы позволяют дозированно воздействовать на почву высокой температурой что позволяет изменять структуру грунта и повышать его температуру и эффективно очищать от загрязнений бактерий или вредителей.

Высокая температура позволяет уничтожить вредные микроорганизмы и сбить ферментативную активность почвы. Это ведет к увеличению содержания питательных веществ и улучшению свойств почвы, что обеспечивает хорошие условия для роста растений[5].

Баранов М.Г. указывал что: «паровая обработка почвы является экологически чистым методом, который не только обогащает ее питательными веществами, но и не представляет угрозы для людей и растительности. Процесс пропаривания при котором весь обрабатываемый слой достигает температуры 100°C и поддерживается в таком состоянии от 30 до 60 минут обеспечивает надежное уничтожение вредных насекомых и возбудителей болезней»[92]. Но он уничтожает не только вредные, а еще

полезные микроорганизмы. Одновременно происходит увеличение солей что негативно сказывается на росте растений. Это связано с разрушением почвенных коллоидов, снижаются капилляры и уменьшаются способности почвы удерживать влагу. Паровой метод нуждается в специальной паровой установке. Поэтому паровой метод не всегда применим.

Инфракрасное излучение позволяет обрабатывать только нужные места. Инфракрасный луч нагревает выбранные участки почвы или растений, и тепло от инфракрасного луча убивает семена и корни. Это очень удобно, потому что можно точно воздействовать только там, где нужно. Поэтому этот метод предполагает направленное воздействие тепла на определенные зоны почвы или растений, это приводит к уничтожению семян и корневой системы.

Благодаря точному воздействию термический метод почти не вредит культурным растениям. В этом его плюс, но у метода есть и минусы. Главный минус -это высокая стоимость оборудования и поэтому метод используют в основном на крупных предприятиях. Исходя из этого, метод требует знаний и опыта работы с этим оборудованием [92].

В настоящее время сельское хозяйство сталкивается со многими проблемами, среди которых борьба с вредителями и микроорганизмами, которые способствуют заболеваниям растений. Так традиционные методы, такие как использование химии (пестицидов), часто оказываются неэффективными и могут плохо сказываться на экологии. В таких случаях на первый план выходят инновационные методы обработки почвы, одним из которых это электрическое обеззараживание.

Так метод предложенный Барановым М.Г. и Бурнаевым Г.А., был основан на использовании электрического тока для обработки почвы. В этом процессе металлические пластинчатые электроды помещаются в грунт и подключаются к электрической сети. Когда через почву проходит эл. ток, он не только излучает тепло, но и действует на микроорганизмы и вредителей, находящихся в ней. Время необходимое для электродного обеззараживания защищенной почвы, составляет всего от 60до90 секунд. Это значительно

меньше по сравнению чем традиционные методы, которые могут занимать дни или даже недели. В отличие от химических средств электродное обеззараживание не оставляет токсичных остатков в почве. Это делает его более безопасным как для окружающей среды, так и для здоровья человека. Электрический ток действует на широкий спектр микроорганизмов и вредителей что позволяет значительно снизить их численность[101]. Это особенно важно для сельскохозяйственных культур, которые подвержены различным заболеваниям.

Поэтому успешного применения электродного обеззараживания необходимо учитывать несколько факторов. Первое важно правильно выбрать тип и расположение электродов в почве.

Из работ Баранова и Бурнаева мы можем понять, что переход на такие технологии не только улучшает состояние почвы, но и сделает агрономию более устойчивой и безопасной для будущих поколений. Почву можно использовать сразу же после обеззараживания. Сам процесс легко контролируется и может быть автоматизирован. Летальный исход для вредителей и болезней растений происходит при меньших на 20-30°C температурах обеззараживания благодаря воздействию на них электрического тока, проходящего через почву, а уничтожение сорных растений происходит за счет воздействия на сорняк высоковольтного импульса, напряжение распределяется между основными элементами растительных клеток (цитоплазмой и клеточной мембраной) когда количество поврежденных мембран достигает 90-96% , начинается необратимый процесс и растение погибает [92].

Проведя анализ различных методов термической обработки, мы можем заключить, что при воздействии пламени на сорняки повреждаются и культурные растения. Кроме того, горелки на раме орудия смонтированы на одной конкретной высоте, а высота сорняков разнообразна. Таким образом, для максимального уничтожения сорняков требуется до пяти проходов орудия по полю, в результате чего почва в междурядьях переуплотнена, а

эксплуатационные затраты на уход за посевами максимальны. Для практической реализации электрического метода необходим высоковольтный источник электрической энергии с дополнительными электротехническими устройствами и специальными электродами для воздействия на сорные растения. Однако данный метод несовершенен из-за риска поражения электрическим током оператора и низкого качества выполнения технологической операции [92].

В исследованиях по вопросам термической и электрической обработки пропашных культур были выявлены значительные недостатки существующих методов, а также необходимость обновления используемой техники. Для эффективного применения этих методов требуется установка дополнительного оборудования и соблюдение мер безопасности, чтобы защитить оператора от возможного поражения электрическим током. Наряду с механизированным уходом за посевами, активно используют химические методы, такие как обработка посевов гербицидами избирательного действия. Вся поверхность поля, включая культурные и сорные растения, обрабатывается контактными гербицидами избирательного действия. При этом механизированная обработка междурядий пропашных культур не осуществляется. Это позволяет уничтожить до 85 % сорняков[92]. Однако стоит учитывать и негативные последствия, такие как снижение урожайности на 15%. Химический метод имеет значительные преимущества по сравнению с механическим как по эффективности, так и по затратам на выполнение работ. В ходе исследования различных способов ухода за посевами было установлено, что уничтожение сорняков в междурядьях можно осуществить с помощью комбинированного подхода, который объединяет механические и химические методы.

Исследования химических способов защиты посевов показывают: гербициды эффективны примерно три недели при отсутствии дождей. По истечении этого срока сорняки начинают активно расти, что негативно сказывается на урожае. Химический метод борьбы с сорняками

демонстрирует высокую эффективность: селективные гербициды способны уничтожать до 80% однолетних сорняков на поле. Однако для борьбы с многолетними и корневыми сорняками требуется механизированная обработка междурядий пропашными культиваторами. Помимо прочего стоит учесть что селективные гербициды могут снизить урожайность выращиваемой культуры на 15%. Однако применение гербицидов в том числе узкоспециализированных дает возможность сократить число междурядных обработок пропашных культур до 1-2 раз.

Анализ методов ухода за пропашными культурами показывает, что сегодня наиболее востребованы механизированный и химический способы. Однако химический способ неприемлем для бахчевых культур, т.к. он позволяет уничтожать только сорняки, но не обеспечивает рыхление в верхнем слое почвы с целью снижения испарения влаги и воздухообмена почвы. Поэтому при уходе за бахчевыми культурами основным является механизированный способ обработки.

Изучая работы ученых Волгоградского аграрного университета, таких как Овчинников А.С., Шапров М.Н. и др. мы выявили, что частота междурядных обработок зависит от состояния почвы: уплотнения, образования корки или появления сорняков. В дождливые периоды почва уплотняется сильнее, требуя более частых рыхлений по сравнению с засушливыми условиями[43]. Согласно ему «для обеспечения механизированной борьбы с сорной растительностью и рыхления почвы в пределах защитной зоны рядков, пропашные культиваторы оснащаются дополнительными рабочими органами: прополочные боронки, сдвоенные игольчатые ротационные диски или ротационные боронки модели БРУ-0,7, а для присыпания почвы к растениям используются лапы-отвальчики или дисковые загортачи-окучники»[43]. Сорняки растущие по бокам гребней почвы, уничтожаются двумя способами: их либо засыпают землей (окучивают), что приводит к их гибели, либо разравнивают гребни культиваторами, лишая сорняки опоры [54].

Механизированный уход за культурной растительностью и борьба с сорняками осуществляется с использованием различных методов таких как прорезанные, вычесывание, присыпание или измельчение. Эти методы позволяют эффективно контролировать рост не желательных растений, которые могут негативно влиять на развитие культурных растений. В ходе исследования научной литературы например в работе Кушнарева А. С. мы пришли к важному выводу что для того чтобы избежать повреждения корней культурных растений и части которая находится над поверхностью земли, так же важно правильно устанавливать рабочие органы культиватора, на расстоянии от растения. Когда культиватор движется по ряду то с обеих сторон ряда образуется так называемая защитная зона. Эта зона играет ключевую роль в сохранении здоровья и целостности корневой системы культурных растений поскольку она предотвращает механическое воздействие на корни. При каждом новом проходе культиватора ширина этой защитной зоны увеличивается что приводит к росту площади необработанной почвы. Этот процесс требует внимательного подхода поскольку увеличение ширины защитной зоны может негативно сказаться на общей эффективности обработки почвы и соответственно на урожайности [42].

Кроме того, ширина защитной зоны варьируется в зависимости от типа возделываемой культуры, стадии роста растений и глубины обработки почвы[90].

Согласно учебнику Л. И. Высочкиной «глубина первой культивации составляет 8-10см. последующие обработки проводятся на меньшую глубину: 6-8см. для второй и 4-5см. для третьей и последующих. Это делается для защиты корневой системы и сохранения влаги в почве»[95]. Защитную зону вдоль ряда при этом увеличивают до 15-20 см.

Сельскохозяйственная практика широко использует междурядную обработку пропашных культур на протяжении всего сезона. Для достижения более глубокого разрыхления почвы в междурядьях применяют пропашные культиваторы, оснащенные разнообразными рабочими органами:

долотообразными ножами для интенсивного рыхления, подкормочными ножами для внесения удобрений, стрельчатыми лапами для более широкого захвата и лапами-отвальщиками для формирования гребней. Для обеспечения равномерного распределения почвы после обработки дополнительно могут применяться игольчатые ротационные диски или прополочные бороны [96]. этот агротехнический метод так же называют междурядной прополкой. Обработка пропашных культур представляет собой комплекс мер, осуществляемых во время вегетации для хорошего роста и развития растения.

В соответствии с ГОСТ 26244-84: «Почва должна быть однородно обработана на глубину от 6 до 18 см в зависимости от Агро требований» [23]. После культивации земля должна быть мелкозернистой и вспушенной. При обработке почвы важно не нарушать целостности влажных нижних слоев избегая их смешивания с верхним. Поле после культивации должно иметь ровную поверхность с гребнями бороздками не превышающими 3 см. в высоту и глубину соответственно. Глубина культивации должна соответствовать заданной с погрешностью не более ± 1 см. и ширина защитной зоны не более 18 см [24]. После прохода культиватора необходимо обеспечить сохранность культурных растений в рядках, допускается повреждение не более 1% от общего количества. Междурядья должны быть полностью очищены от сорняков. Поворотные полосы обрабатываются в поперечном направлении исключая необработанные участки.

При проведении междурядной обработки следует строго придерживаться ряда важных условий. Первое нам необходимо избегать повреждения культурных растений. Второе глубина обработки должна соответствовать установленным нормам с допустимым отклонением. Также важно не допустить подъем влажной почвы на поверхность чтобы избежать негативных последствий для растений.

Также необходимо полностью уничтожить сорняки в междурядьях чтобы они не конкурировали с культурными растениями за ресурсы. При окучивании следует формировать ровный слой почвы высотой от 5 до 8 см.

вокруг каждого растения что поможет обеспечить их лучший рост и развитие. И наконец дно и стенки борозды должны быть покрыты рыхлым слоем почвы что способствует лучшему воздухообмену и влагообмену в корневой зоне растений [87].

1.3. Обзор существующих сельскохозяйственных машин и орудий для междурядной обработки почвы

Для междурядной обработки у нас используют пропашные культиваторы как отечественные типа КРН (рисунок.1.6) так и зарубежного производства такие как Cenius, Vermont-560 (рисунок.1.7) и др. в независимости от марки они имеют одинаковую конструкционно-технологическую схему (рисунок.1.8).



Рисунок-1.6. Секция культиватора КРН 4.2 (5.6)



Рисунок 1.7 -Культиватор Vermont-560

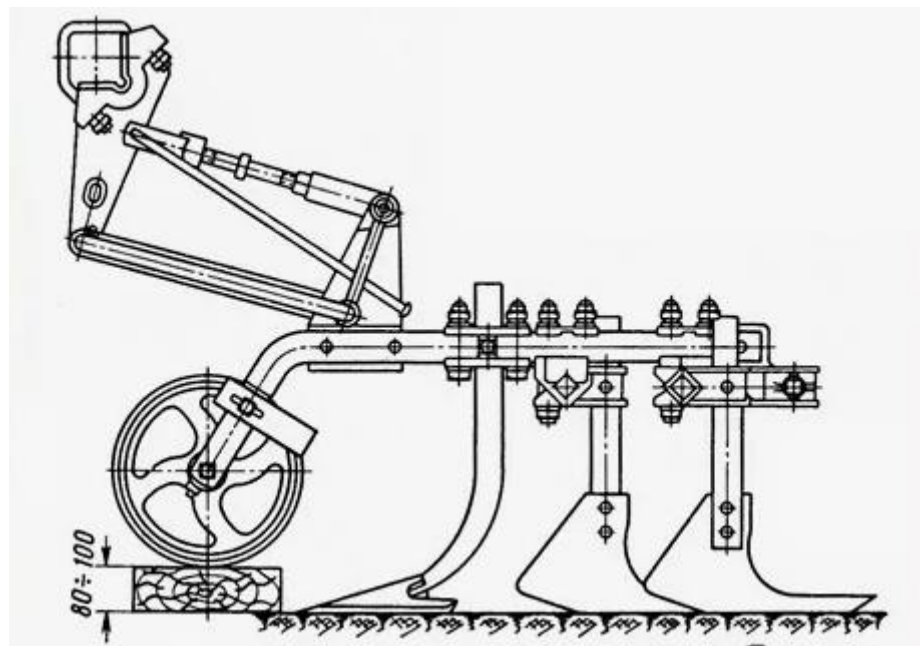


Рисунок 1.8 – Общая схема секции культиватора

При поверхностной обработке почвы в основном используются следующие виды рабочих органов: односторонние плоскорежущие лапы, стрельчатые универсальные лапы, игольчатые диски (рисунок 1.9)[33-35,38, 65,67,71].



Рисунок 1.9- Рабочие органы пропашных культиваторов

К дополнительным рабочим органам (рисунок 1.9), которые могут использоваться в обработке почвы относятся: долотообразные лапы, подкормочный нож, лапа-отвальщик, корпус окучник, арычник-бороздореz[81].

В своих работах Панов И. М. и Поварь А.А., писали что «недостатком известных конструкции культиваторов является то, что после подрезания значительная часть сорняков приживается вновь. Отсутствие возможности выполнения междурядной обработки с минимальной необработанной защитной приствольной зоной культурных растений; ручное управление рабочими органами, что увеличивает требования к безопасности операторов, чьи рабочие места находятся рядом с обрабатываемыми рабочими зонами; повышенная пыльность рабочих мест операторов; невозможность комплектации машины необходимым для конкретного хозяйства количеством рабочих органов». [72,73]

Вопросами усовершенствования способов обработки пропашных культур занимались различные ученые. Так, например Редкокашин Н.А. , Редкокашин А.А. , Редкокашин И. А. разработали «универсальный

культиватор для междурядной обработки почвы (рисунок 1.10) , содержащий шпоровый рабочий орган (рыхлитель)» [70].

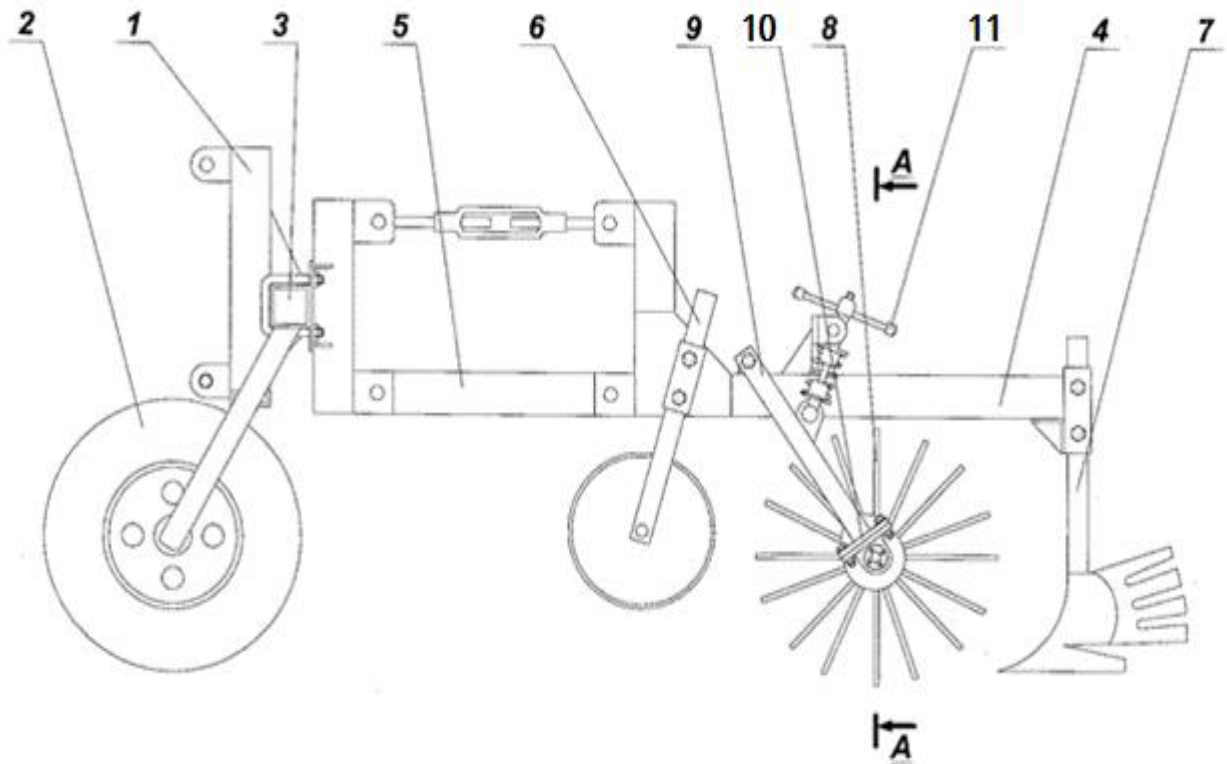


Рисунок 1.10–Секция культиватора для междурядной обработки почвы:

1-сцепка, 2- опорные колеса, 3 -рама (несущий брус), 4-рабочие секции, 5-параллелограммный механизм, 6-копирующее колесо, 7-культиваторная лапа, 8-шпоровый рабочий орган (рыхлитель), 9 -вилка, 10-опоры вилки, 11-натяжник.

Ученые Воронежского ГАУ Василенко В. В. и Василенко С.В. предложили конструкцию (рисунок 1.11) «пропашного культиватора, секция которого состоит из грядиля, его опорного колеса и подрезающие плоскорежущие лапы с лаподержателями. В задней части грядиля закреплен регулируемый по высоте понижающий механизм, к которому тяговой цепью присоединена легкая зубовая борона треугольной формы, задняя часть которой соединена двумя поддерживающими цепями с Т-образной штангой, прикрепленной вдоль грядиля» [74].

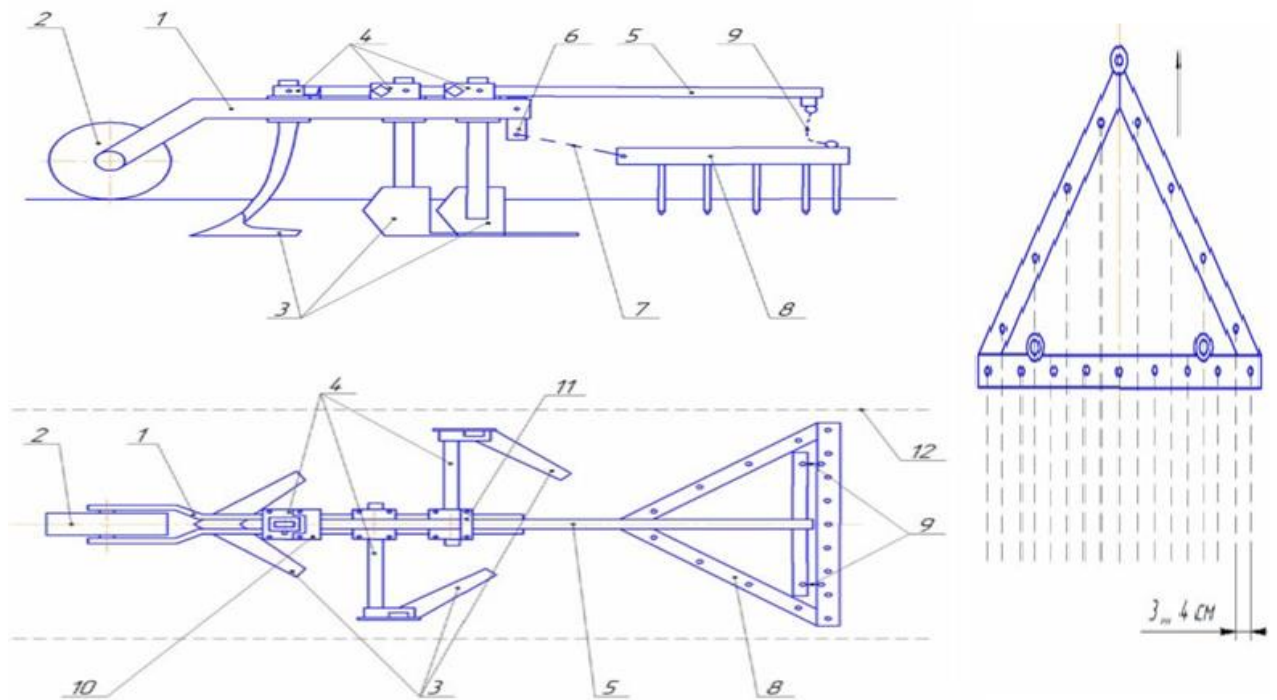


Рисунок 1.11 - Рабочая секция пропашного культиватора

«Рабочая секция пропашного культиватора включает грядиль 1, опорное колесо 2, подрезающие лапы 3 с лаподержателями 4, Т-образную штангу 5, понизитель 6, тяговую цепь 7, треугольную боронку 8 и две поддерживающие цепи 9. Т-образная штанга 5 уложена сверху вдоль грядиля 1 и крепится к нему при помощи своей вилки 10 и накладной пластины 11, зажатых в болтовых соединениях лаподержателей. Тяговая цепь 7 установлена между понизителем 6 и передним углом боронки, а поддерживающие цепи 9 расположены между Т-образной штангой и задней стороной боронки, 12 рядки» [74].

В Волгоградском ГАУ Грековым С.Е., Абезиным В.Г. и др., были разработаны конструкции орудий для поверхностной обработки почвы без выноса нижних, влажных слоев на поверхность и перемешивания без обволакивания рабочих органов растительными остатками (рисунок 1.12). Особенность данной разработки состоит в использовании грядильного крепления[2].

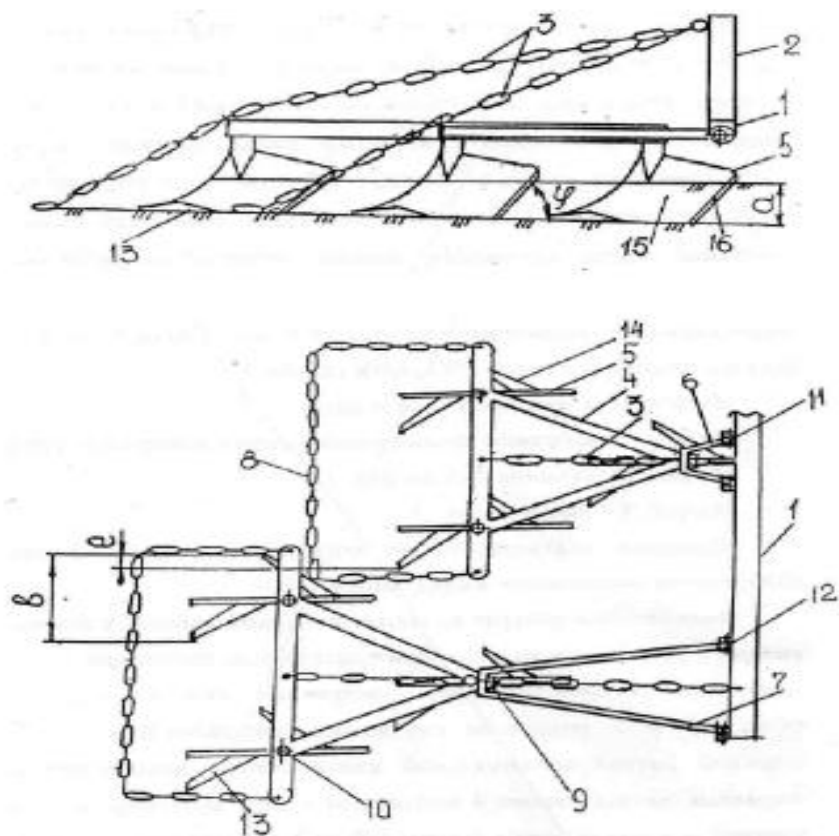


Рисунок 1.12- Орудия с грядильной навеской

1-рама, 2-навесное устройство, 3- ограничительные цепи, 4- треугольные рамки, 5 – рабочие органы, 6, 7 грядили, 8- мульчирующие цепные шлейфы, 9- оси крепления, 10-резьбовые хвостовики, 11,-горизонтные шарниры, 13, 14 плоскорежущие лапы, 15- плоский нож, 16- наплавка твердым сплавом.

Цепляевым А.Н. и Матасовым А.Н. предложена конструкция «автоприводного секционного рабочего органа для вычесывания сорняков с рыхлением почвы (рисунок.1.13).

Рисунок 1.13 представляет конструкцию, состоящую из рамы 1, последовательно установленные на раме передний роторный диск 2 и задний роторный диск 3 с возможностью вращения. Передний 2 и задний 3 роторные диски расположены на валах 4 с передней 5 и задней 6 звездочками, связанные между собой цепной передачей 7. На каждом роторном диске смонтированы изогнутые лучи 8»[58].

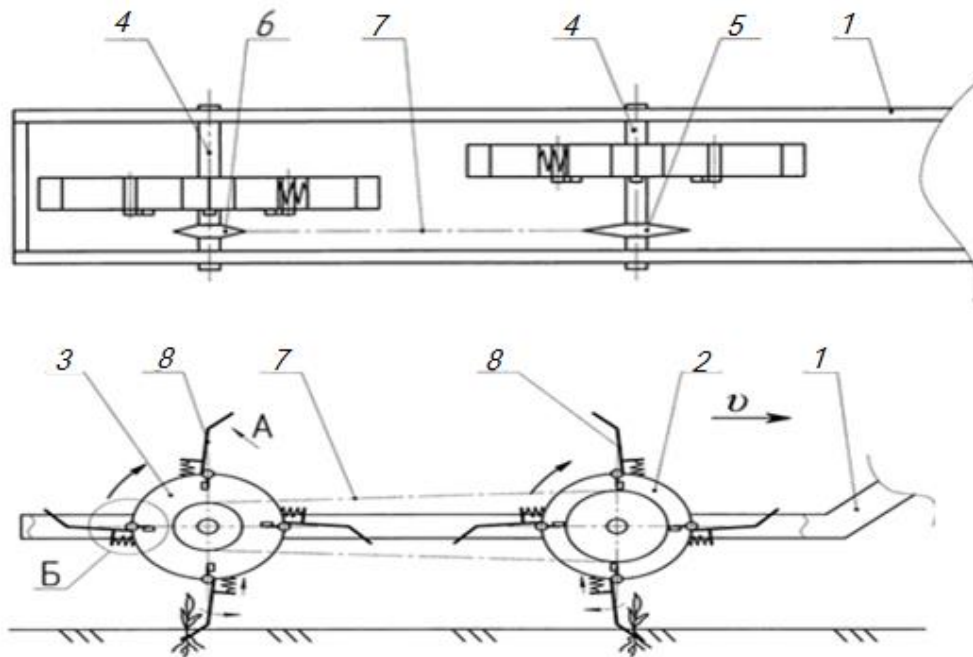


Рисунок 1.13-Автоприводный секционный рабочий орган для
вычесывания сорняков с рыхлением почвы

Так, в их работе написано: «когда агрегат перемещается по полю, ножи, расположенные на передних и задних роторах, проникают в почву на определенную глубину. При этом передний ротор оборудован звездочкой, которая имеет больше зубьев по сравнению с задним ротором, из-за чего его угловая скорость вращения оказывается ниже. Это создает эффект самоторможения, благодаря чему ножи роторов движутся по дну борозды практически по прямой линии. В результате такой работы происходит выдергивание сорняков из почвы вместе с корнями»[58].

Недостатком рабочих органов для пропашной обработки как серийных, так и экспериментальных является то, что основная их задача это уничтожение сорняков и сохранение влаги за счет рыхления верхнего слоя, имеющейся в корнеобитаемом слое почвы. Ни одно из них не способствует дополнительному подъему влаги к корням растений. Поэтому для междурядной обработки бахчевых культур, нужны рабочие органы которые не только уничтожают сорняки, но и способствуют повышению влажности почвы в корнеобитаемом слое.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Для обработки бахчевых культур целесообразно использовать механический метод обработки почвы.

2. Одной из основных проблем при междурядной обработке бахчевых культур, влияющей на развитие растений, является недостаточное количество влаги в почве в прикорневом слое растений

3. Анализ существующих технических средств показал, что современные рабочие органы культиваторов не способствуют дополнительному подъему влаги к корням растений.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛОЛЬНОЙ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА

2.1. Выбор и обоснование технологических параметров рабочего органа пропашного культиватора

Как отмечалось выше, междурядная обработка бахчевых культур обычно проводится через 10-12 дней после посева при появлении всходов и начала формирования корневой системы (рисунок 2.1). В этот момент растениям требуется достаточное количество почвенной влаги. Только в этом случае оно начнет активно развиваться.

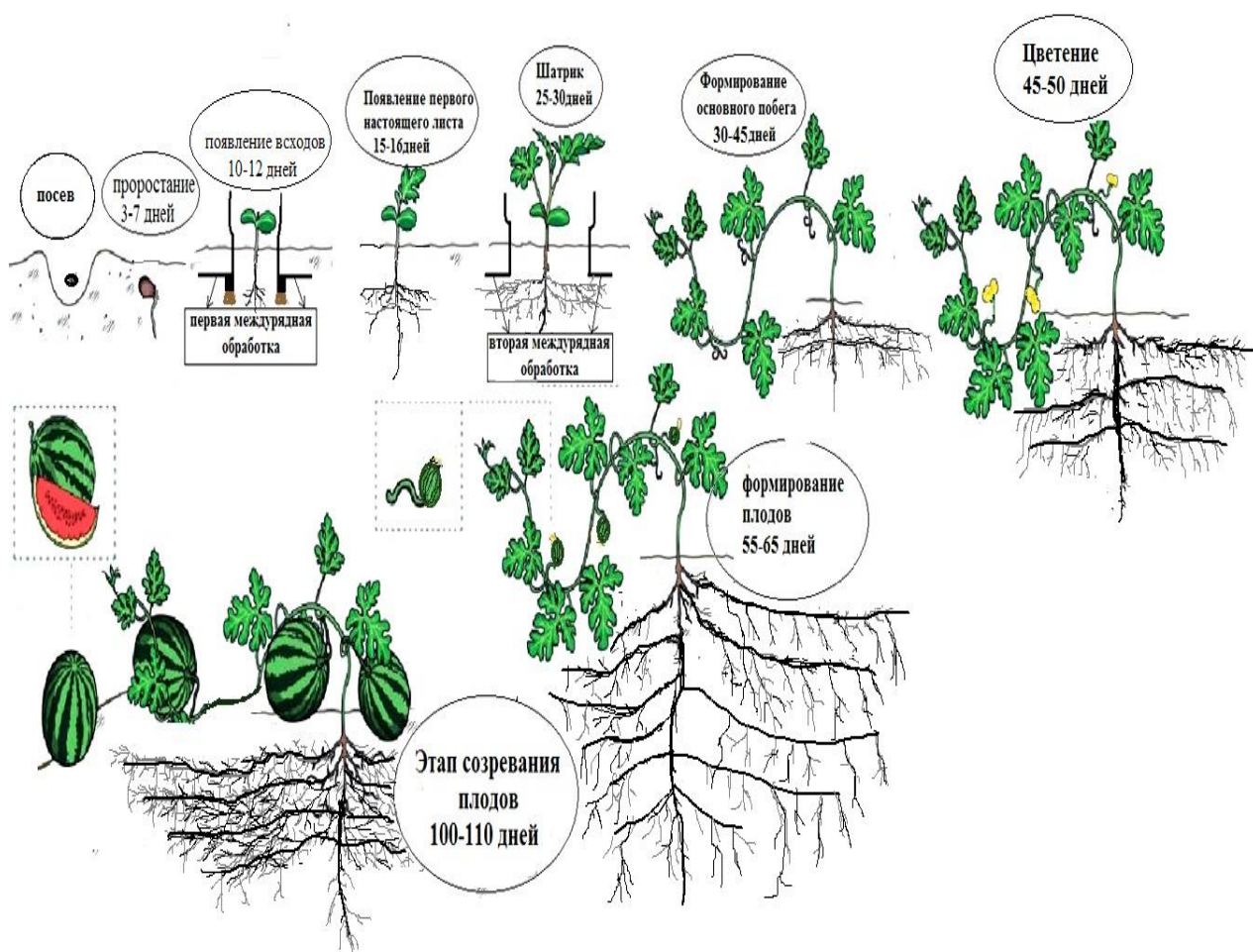


Рисунок 2.1 - Фазы развития арбуза

Основными рабочими органами для междурядной обработки бахчевых культур являются стрельчатые и полольные лапы культиватора. Как известно, для бахчевых культур важно создать условия, в которых будет нужное

количество влаги так как она является одним из основных факторов, от которых зависит развитие растений [53-56,85,86]. В связи с этим полольная лапа (рисунок 2.2) для междурядной обработки почвы, была модернизирована. Она состоит из стойки 1, одностороннего плоскорежущего лезвия 2 с вертикальной щекой 3 и уплотнитель 4 [5,52,55,66,68,69].

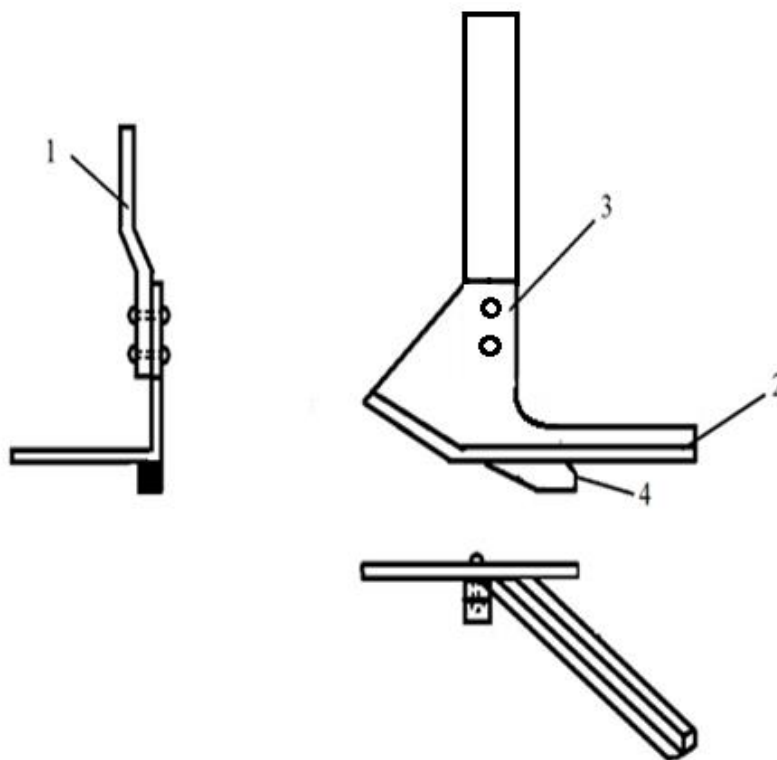


Рисунок 2.2-Рабочий орган для междурядной обработки посевов
пропашных культур

1-стойка, 2 – плоскорежущее лезвие, 3- вертикальная щека, 4-наральник.

Технологический процесс полольной лапы осуществляется следующим образом.

В процессе междурядной обработки полольная лапа культиватора движется в верхнем слое земли, рабочей частью плоскорежущего лезвия 2 подрезает сорные растения и рыхлит почву.

Верхний слой почвы и подрезанные сорные растения перемещаются по плоскорежущему лезвию 2 лапы, вертикальная щека 3 предохраняет растения от засыпания их почвой. Уплотнитель 4, установленный в нижней части вертикальной щеки, уплотняет нижний слой почвы обрабатываемой зоны в

результате чего образуются дополнительные капилляры, что позволяет подтягивать влагу из более глубоких слоев к корневой системе.

Для обеспечения работоспособности почвообрабатывающих органов существует ряд условий [23,31,41], оказывающих воздействие на почву и сорняки.

Культиваторы для междурядной обработки почвы регулируются и настраиваются на заданную глубину обработки почвы, обеспечивая сохранение защитной зоны растений[66].

2.2 Силовой анализ работы секции культиватора с модернизированным рабочим органом

При междурядной обработке основной вес культиватора (рисунок 2.3) распределяется на колеса трактора и опорные колеса секций. Однако все силы сопротивления почвы приходятся на лапы.

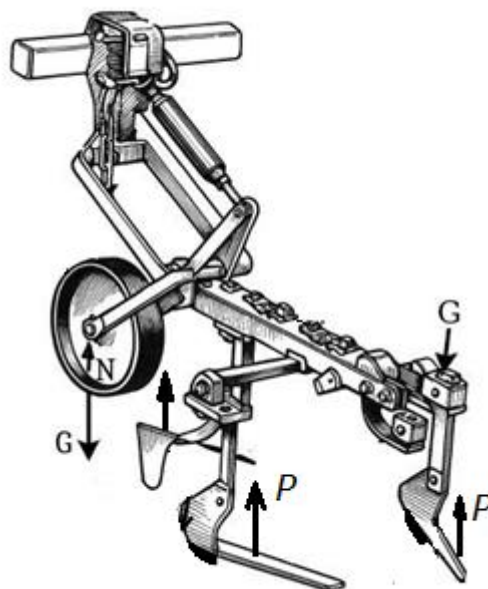


Рисунок 2.3- Воздействие сил на секцию культиватора

Если сосредоточиться исключительно на рабочих органах, то в процессе их движения возникают несколько видов сопротивлений. Во-первых, это сопротивление почвы, которое препятствует вхождению лезвия в землю. Во-вторых, существует сопротивление, вызванное деформацией, которую вызывает поверхность лапы. Также необходимо учитывать силу тяжести, действующую на подрезанную почву, обозначаемую как G . Кроме того, имеется сила инерции слоя почвы [26], а также силы трения. Все эти силы и сопротивления играют важную роль в процессе работы рабочих органов.

Согласно В. А. Желиговскому: когда клин перемещается в почве, в процессе этого движения возникают несколько видов сил: «Во-первых, существует сопротивление почвы, которое препятствует проникновению лезвия клина, обозначаемое как R_g . Во-вторых, имеется сопротивление деформации почвы, вызванное рабочей поверхностью клина, обозначаемое как R_g . Также на движение клина влияют сила тяжести слоя почвы, обозначаемая буквой G , инерция этого слоя, обозначаемая как F , и силы трения, которые действуют на рабочей поверхности клина» [26], обозначаемые как T . Все эти силы взаимодействуют друг с другом и оказывают влияние на эффективность работы клина в почве [26].

Согласно данным, приведённым в ГОСТах 20915-2011, 28168-89 и 20911-89, при работе в почве, свободной от комков и прочных корней, сопротивление внедрению лезвия можно рассматривать в сочетании с сопротивлением почвы к деформации [19,20,21]. В процессе междурядной обработки, помимо подрезки корней сорняков и разрушения почвенной корки, происходит также уплотнение почвы, что также следует учитывать как вид сопротивления. Таким образом, тяговое сопротивление лапы в направлении оси X и тяговое сопротивление лапы в горизонтальной плоскости будут равны.

$$R_x = R_{yx} + R_{\partial x} + R_{Fx} + R_{Gx} \quad (2.1)$$

где: $R_{упх}$ —это горизонтальная компонента силы сопротивления, которую оказывает почва на уплотнитель Н.; $R_{ох}$ —это сила сопротивления почвы, возникающая при деформации, и она определяется экспериментально. Н; $R_{ГХ}$ —это компонент силы сопротивления, необходимый для преодоления статического давления слоя почвы. Эта сила выражается в силе тяжести данного слоя почвы и также измеряется в Ньютон; $R_{ФХ}$ —это сила сопротивления, необходимая для преодоления динамического давления слоя почвы. Она определяется через силу инерции и, как и предыдущие, измеряется в Ньютон.

Рассмотрим детально процесс уплотнения с позиции теории процесса взаимодействия рабочего органа и почвы, сосредоточившись на силах, действующих на уплотняющий элемент. Представим себе уплотняющий элемент, воздействующий на почву.

При определении суммарного тягового усилия пропашной лапы с уплотняющим элементом пренебрегаем сопротивлением деформации почвы, вызываемым уплотнителем. Это обусловлено небольшими размерами уплотняющего элемента и незначительной величиной силы сопротивления $R_{ох}$.

Так на рисунке 2.4. мы видим как приложенная сила (обозначим её как F) вызывает деформацию почвы, приводя к его уплотнению почвы ($R_{упх}$), направленная вверх и противодействующая приложенной силе F . Эта реактивная сила является результатом сложения элементарных сил сопротивления смятию почвы. Ключевой момент заключается в характере сопротивления почвы смятию. Мы принимаем, что это сопротивление пропорционально величине деформации. Это упрощенное предположение, но оно позволяет нам построить относительно простую модель. В таком случае, эпюра (графическое изображение распределения) нормальных давлений почвы на уплотняющий элемент будет иметь форму треугольника. Это связано с тем, что давление максимально в точке контакта уплотнителя с грунтом (точка В) и плавно уменьшается до нуля по краям зоны контакта.

Максимальное значение давления почвы в точке В можно рассчитать по формуле:

$$p = h * q_0, \quad (2.2)$$

где: p – максимальное давление почвы в точке В (Н.); h – глубина проникновения уплотнителя в грунт (См.); q_0 – коэффициент объемного смятия почвы (Н/см³).

Уплотнитель высотой $h_{упл}$ воздействует на почву по линии АВ.

Этот коэффициент отражает способность почвы сопротивляться смятию и зависит от его физико-механических свойств (влажность, плотность, гранулометрический состав). Важно отметить, что равнодействующая ($N_{уп}$) элементарных нормальных сил сопротивления (составляющих реактивной силы $R_{уп}$) не совпадает по направлению с направлением силы F . Она отклоняется на угол трения φ . Тогда $R_{уп}$ определим:

$$R_{уп} = \frac{N_{уп}}{\cos \varphi} = \frac{q_0 \cdot h_{уп}^2 \cdot b_{уп}}{2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha_{уп}} \quad (2.3)$$

где: $b_{уп}$ – ширина уплотнителя, м; φ – угол трения почвы, град.; $\alpha_{уп}$ – угол уплотнителя, град.

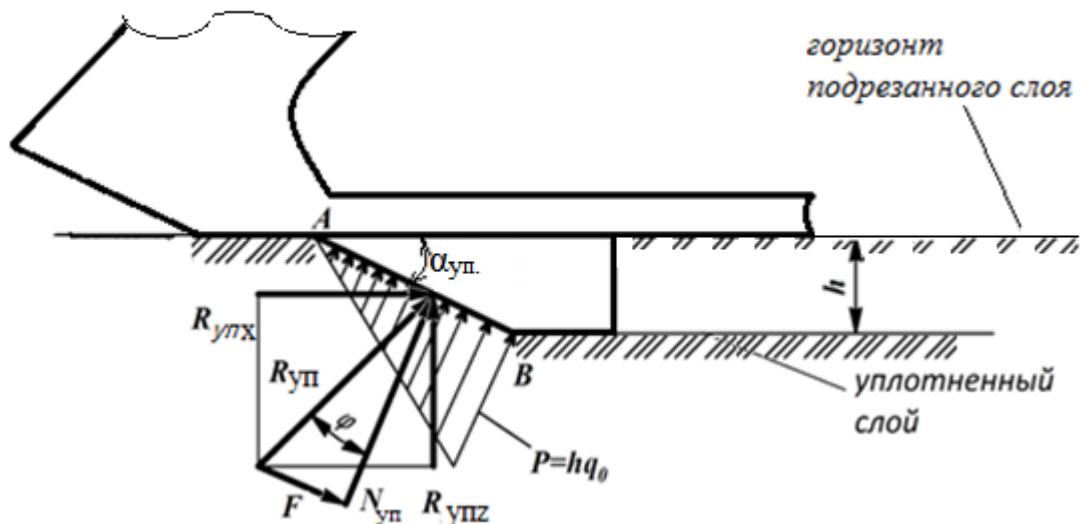


Рисунок 2.4 - Силы действующие на почву при уплотнении

Во время подрезания пласта почвы, на лапу действует реакция недеформированной почвы, (рисунок 2.5) находящейся впереди лапы, Q_G ,

сила тяжести пласта G и результирующая элементарных нормальных сил сопротивления почвы и сил трения на рабочей поверхности лезвия R_G [25,32].

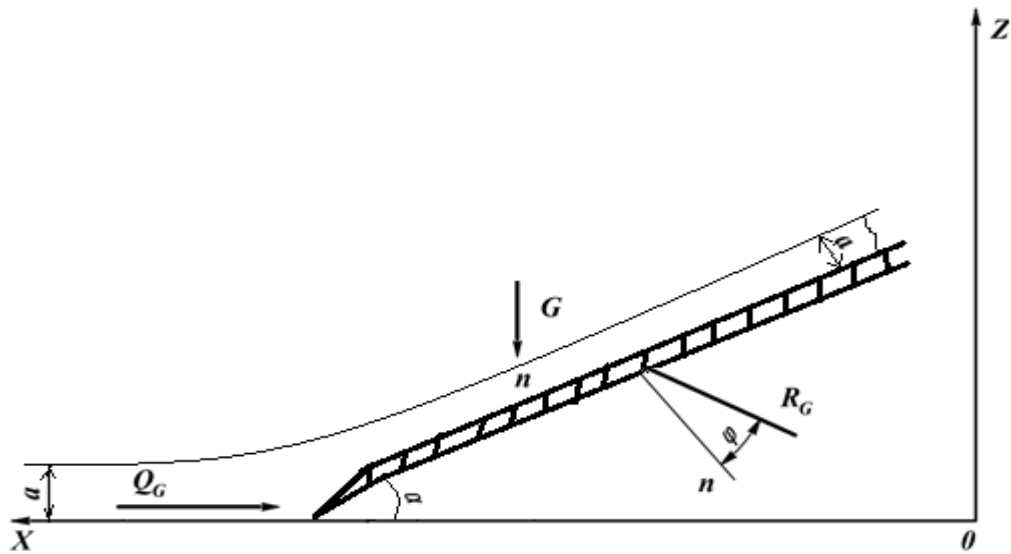


Рисунок 2.5- Силы действующие на лапу с учетом сил трения

Проектируя эти силы на оси координат, OX и OZ находим:

$$\left. \begin{aligned} Q_G &= R_G \cdot \sin(\alpha + \varphi), \\ G &= R_G \cdot \cos(\alpha + \varphi). \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Откуда

$$Q_G = G \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (2.5)$$

Поскольку

$$R_{GX} = Q_G = G \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

$$G = a \cdot b \cdot l \cdot \rho_n \cdot g$$

где: a – глубина хода лапы, м; b – ширина захвата лапы, м; l – длина рабочей поверхности лапы AB , м; ρ_n – плотность почвы, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; g – ускорение свободного падения, м/с^2 , [25,32].

то

$$R_{GX} = a \cdot b \cdot l \cdot \rho_n \cdot g \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (2.6)$$

Воздействие динамического давления почвенного слоя (F_d) на рабочую зону лапы, обусловленное инерционными свойствами массива, трактуется как непрерывное столкновение частиц почвы с ее поверхностью. Следовательно, применяя принцип изменения импульса. Согласно Г.Н. Синеокову [87]

$$dm(v_a - v_0) = F_d dt, \quad (2.7)$$

где: v_0 – скорость частиц почвы в начале, до их соприкосновения с клином $v_0=0$,
 v_a – скорость движения пласта, м/с.

Ключевым параметром, влияющим на эффективность обработки, является скорость движения почвенного пласта. Рассмотрим расчет скорости движения почвы и сил сопротивления, возникающих при обработке почвы, опираясь на представленные формулы. Пласт почвы в этом случае ведет себя как сплошная лента, и его усадка пренебрежимо мала. Это существенно упрощает расчет, поскольку относительная скорость движения пласта (U_r) становится равной скорости поступательного движения клина (V). Это позволяет нам использовать упрощенную формулу для определения скорости движения почвенного пласта [25,32]:

$$v_a = 2 \cdot v \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2.8)$$

где: v_a – скорость движения почвенного пласта; v – поступательная скорость движения клина.

Формула (2.8) напрямую вытекает из геометрии треугольника скоростей (рисунок 2.6), и ее применение обосновано отсутствием усадки почвы. Учитывая, что «начальная скорость почвы v_0 равна нулю, динамическая сила сопротивления (F_d) определяется следующим образом

$$F_d = v_a \frac{dm}{dt}. \quad (2.9)$$

где: F_d – динамическая сила сопротивления; $\frac{dm}{dt}$ – масса почвы, поступающая на клин в единицу времени.

Кудзаев А. Б. писал: «что эта формула отражает зависимость силы сопротивления от скорости движения клина и массы почвы, обрабатываемой за единицу времени. Чем выше скорость и масса, тем больше сила сопротивления» [25,32].

Таким образом,

$$\frac{dm}{dt} = \frac{a \cdot b \cdot v \cdot \rho_n}{g} \quad (2.10)$$

где: g - ускорение свободного падения, м/с

Подставив выражения 2.8 в 2.9 , получим

$$F_{\theta} = 2 \cdot a \cdot b \cdot \rho_n \cdot v^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2.11)$$

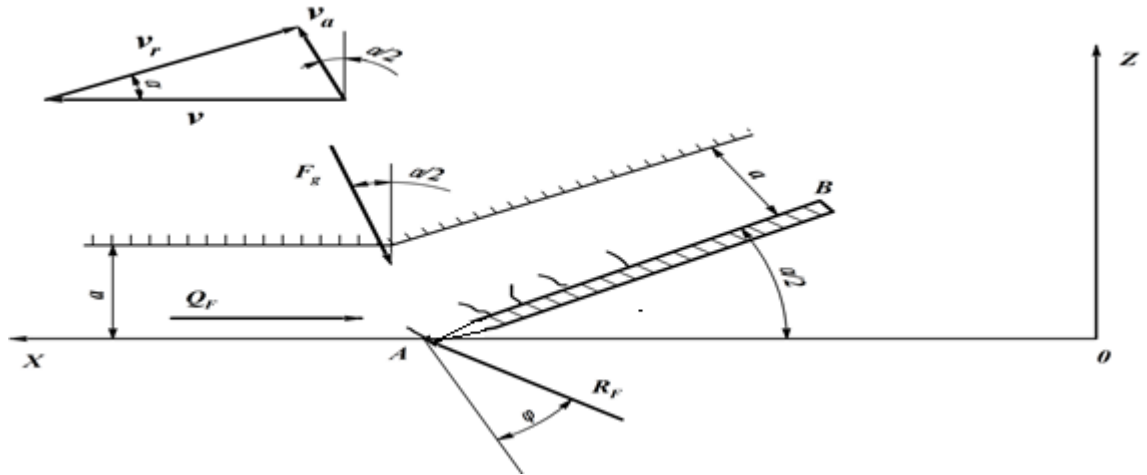


Рисунок 2.6 - Силы действующие на лапу из-за динамического давления пласта почвы

Вблизи режущей кромки клина к его рабочей поверхности прикладывается сила F_d , (рисунок 2.6) поскольку именно в этой области происходит первоначальный контакт лапы с почвой, передавая ей ударное воздействие. Под влиянием этого воздействия почва приходит в движение с установившейся скоростью U_a .

Сила F_0 компенсируется противодействующей силой R_F , направленной под углом φ относительно нормали Q_F , которую для упрощения можно считать горизонтальной.

Проекция силы R_θ на оси

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{R}_{FX} &= \mathbf{Q}_F + \mathbf{F}_\theta \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \\ \mathbf{R}_{FZ} &= \mathbf{F}_\theta \cdot \cos \frac{\alpha}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

Выразив $\mathbf{R}_{FX}$ и $\mathbf{R}_{FZ}$ соответственно через

$$\mathbf{R}_{EX} = \mathbf{R}_F \cdot \sin(\alpha + \varphi),$$

$$R_{FZ} = R_F \cdot \cos(\alpha + \varphi),$$

и решая уравнения (2.12) с учетом (2.11), получим:

$$R_{FX} = a \cdot b \cdot \gamma_{об} \cdot v^2 \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (2.13)$$

$$R_{FZ} = a \cdot b \cdot \gamma_{об} \cdot v^2 \sin \alpha. \quad (2.14)$$

Сопротивление смятию почвы уплотнителем можно определить по формуле (2.1), а его горизонтальная проекция

$$R_{упх} = \frac{q_0 \cdot h_{упл}^2 \cdot b_{уп} \cdot \sin(\alpha_{уп} + \varphi)}{2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha_{уп}} \quad (2.15)$$

Таким образом, тяговое сопротивление модернизированной полольной лапы в направлении оси X будет иметь вид:

$$R_X = \frac{q_0 \cdot h_{упл}^2 \cdot b_{уп} \cdot \sin(\alpha_{уп} + \varphi)}{2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha_{уп}} + a \cdot b \cdot \rho_n \cdot v^2 \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{уп} + \varphi) + a \cdot b \cdot l \cdot \rho_n \cdot g \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{уп} + \varphi) \quad (2.16)$$

Причем, для устойчивого хода лапы должно выполняться условие:

$$R_{упх} < R_{Gx}, \quad (2.17)$$

Для определения параметров уплотнителя необходимо учитывать свойства почвы и особенности развития растений, так же и угол трения светло-каштановых почв о сталь. Длина уплотнителя (L) задается конструктивными особенностями лапы бритвы. Поэтому минимальную и максимальную высоты уплотнителя ($h_{\max}$, $h_{\min}$), можно определить геометрически (рисунок 2.7).

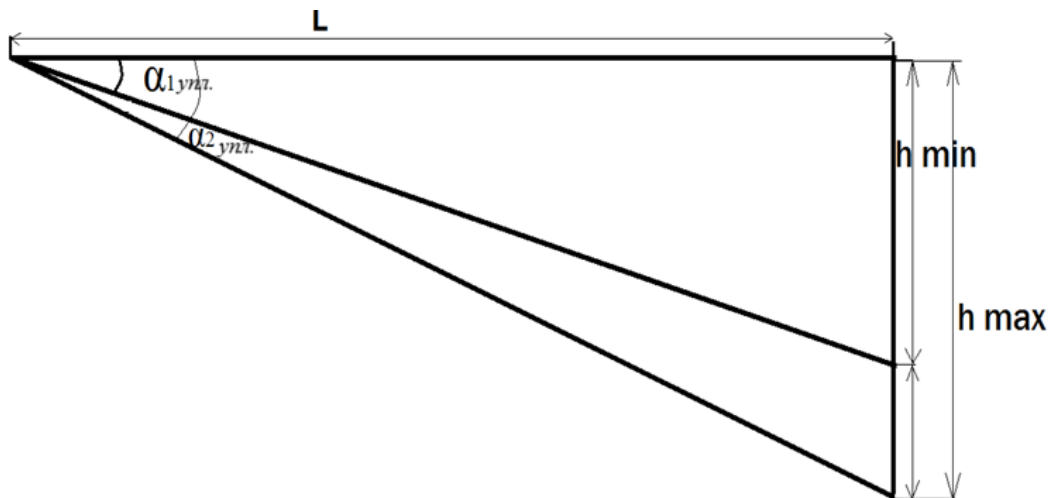


Рисунок 2.7-Схема уплотнителя

Геометрические размеры уплотнителя: длина является конструктивной шириной лезвия полевой лапы, высота и ширина была определена экспериментально, целью проведенных исследований для нас являлась максимальное удержание влаги в течении 5-10 дней с момента первой междурядной обработки, при минимальной площади уплотнителя. Носок тела заострѐн вверх в виде клина под углом равным углу трения почвы о сталь, является угол от 14° до 42° . Для светло-каштановой почвы влажностью не более 20% отлично подходит угол равный $20-25^\circ$.

Рассматривая процесс междурядной обработки применим зависимость определения глубины смятия почвы (рисунок 2.8) по следующему уравнению (2.18)

$$h_{\text{упл.п}} = h_{\text{обр}} + h_{\text{упл}} + h_{\text{см}}, \quad (2.18)$$

где: $h_{\text{обр}}$ - глубина обработки, м; $h_{\text{упл}}$ - высота уплотнителя, м; $h_{\text{см}}$ - глубина смятия, м; $h_{\text{упл.п}}$ – глубина уплотнения почвы, м.

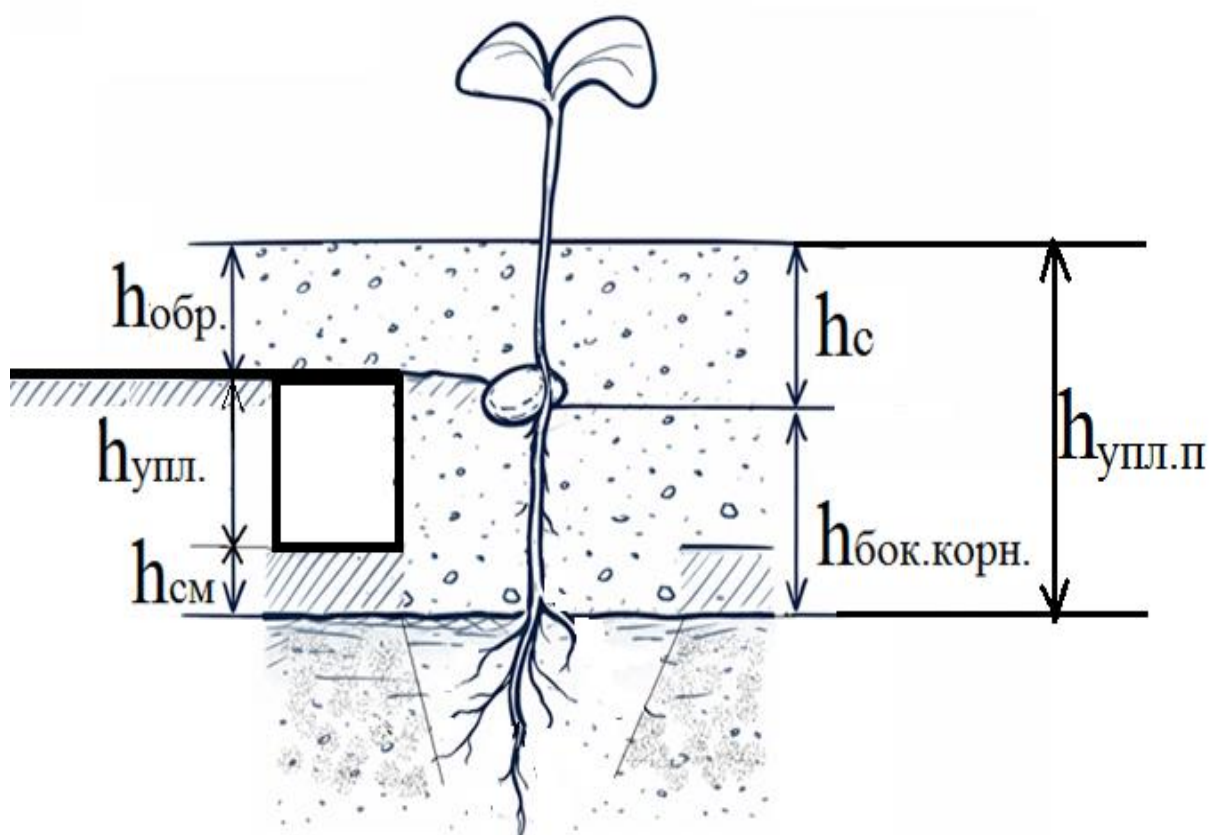


Рисунок 2.8 - Схема уплотненной почвы

Для концентрации влаги в зоне первого яруса формирования боковой корневой системы, высоту уплотнения почвы можно определить из равенства (2.19) в котором складывается глубина посева (h_c) и расстояние от семени до начала формирования боковой корневой системы ($h_{\text{бок.кор}}$) (рисунок 2.8),

$$h_{\text{упл.п}} = h_c + h_{\text{бок.кор}}, \quad (2.19)$$

где: h_c - глубина посева, м;

учитывая уравнения полученные в (2.18) и (2.19) можно высоту уплотнителя.

$$h_{\text{упл.}} = h_c + h_{\text{бок.кор}} - h_{\text{обр}} - h_{\text{см}}, \quad (2.20)$$

Используя фундаментальное уравнение для описания динамики водного режима в почвах:

$$C(h) \frac{dh}{dt} = \nabla [K(h)(\nabla h' + \rho g \nabla z)] + S(t), \quad (2.21)$$

где: h' - гидравлический потенциал (напор), м; $K(h)$ - гидравлическая проводимость (функция напора), (м/с); $C(h)$ - емкость почвы (%); ρ - плотность почвы, (г/см³); g - ускорение свободного падения, м/с; z - вертикальная координата; $S(t)$ - корневые всасывания.

Применительно к горизонтальному движению влаги (без учета гравитации) уравнение примет вид:

$$C(h) \frac{dh}{dt} = \frac{d}{dx} (K(h) \frac{dh}{dx}) + Q(x, t), \quad (2.22)$$

где: (x, t) - гидравлический потенциал в X и времени t ; $Q(x, t)$ – объем влаги, поступающей извне (полив, испарение или потребление корней).

Допустим, имеется два слоя почвы различной влажности, разделенной границей с растениями посередине. Тогда, используя одномерное решение уравнения Ричардса, получим:

$$\frac{dW}{dt} = D \left[\frac{W_1 - W_2}{L'} \right], \quad (2.23)$$

где: W_1, W_2 – влажность более и менее увлажненных слоев, %; L' – расстояние между границами слоев с наименьшим и наибольшей влажностью, м (рисунок 2.9)

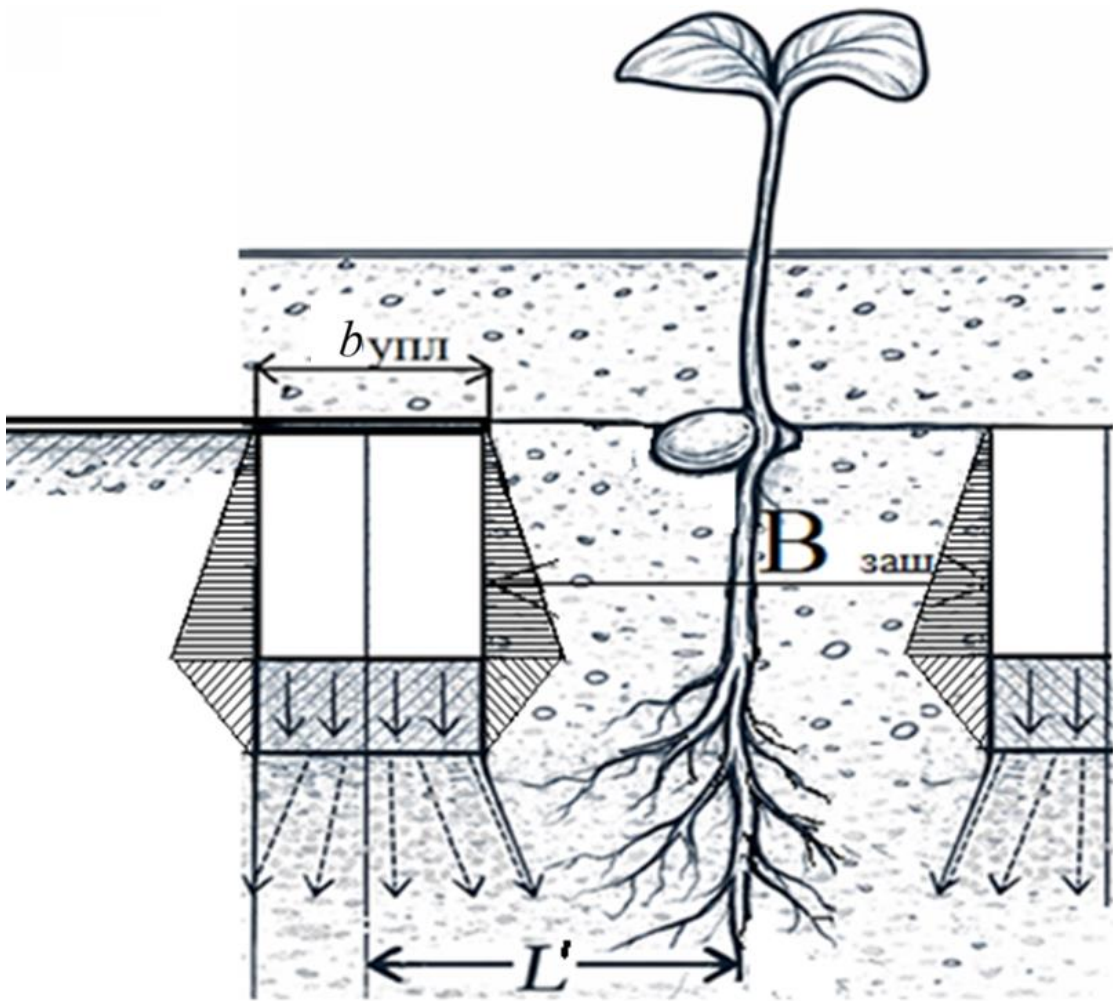


Рисунок 2.9- Схема границ слоев почвы

При этом:

$$L' = \frac{B_{заш}}{2} + \frac{b_{упл}}{2} = \frac{B_{заш} + b_{упл}}{2}, \quad (2.24)$$

Проинтегрировав уравнение Ричардса, выразим

$$L' = \int_{x_1}^{x_2} |W'(x)| dx, \quad (2.25)$$

$$b_{упл.} = 2L' - B_{заш.} = (2 \int_{x_1}^{x_2} |W'(x)| dx) - B_{заш.}, \quad (2.26)$$

На рисунке 2.10 видно что $b_{упл.}$ равно длине BC а оно в свою очередь меньше $AB \sin \gamma$

$$b_{упл.} = BC < AB \sin \gamma, \quad (2.27)$$

Учитывая выражения 2.6 и 2.15, получим:

$$\frac{q_0 \cdot h_{уп}^2 \cdot b_{уп} \cdot \sin(\alpha_{уп} + \varphi)}{2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha_{уп}} < a \cdot b \cdot l \cdot \rho_n \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{уп} + \varphi), \quad (2.28)$$

Из этого неравенства получим $b_{уп}$

$$b_{уп} < \frac{2a \cdot b \cdot l \cdot \rho_n \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{уп} + \varphi) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha_{уп}}{q \cdot h_{уп}^2 \cdot \sin(\alpha_{уп} + \varphi)}, \quad (2.29)$$

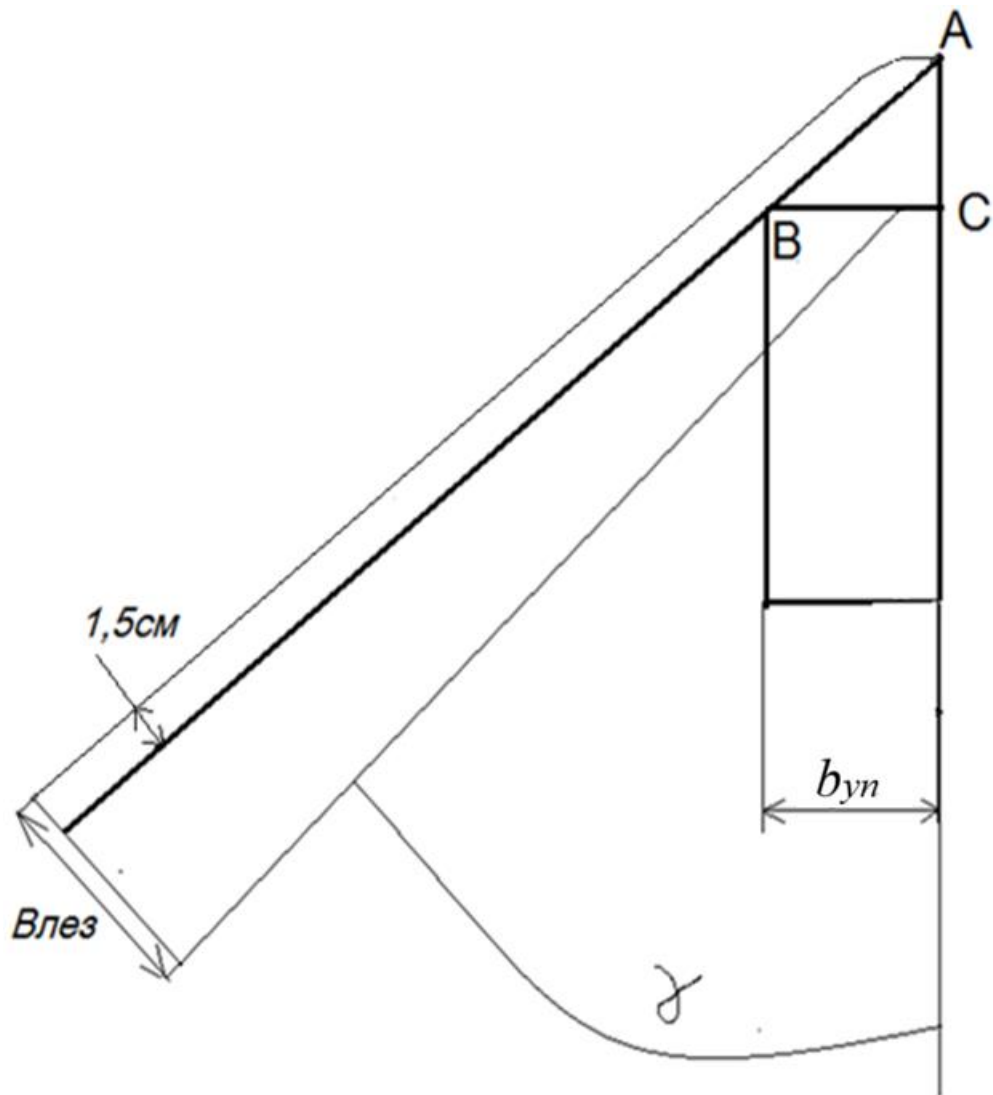


Рисунок 2.10 - Схема полойной лапы с уплотнителем

Так как боковые корни бахчевых культур формируются на глубине ниже уровня посева, то целесообразно принять высоту уплотнителя равной этой глубине (рисунок 2.11).

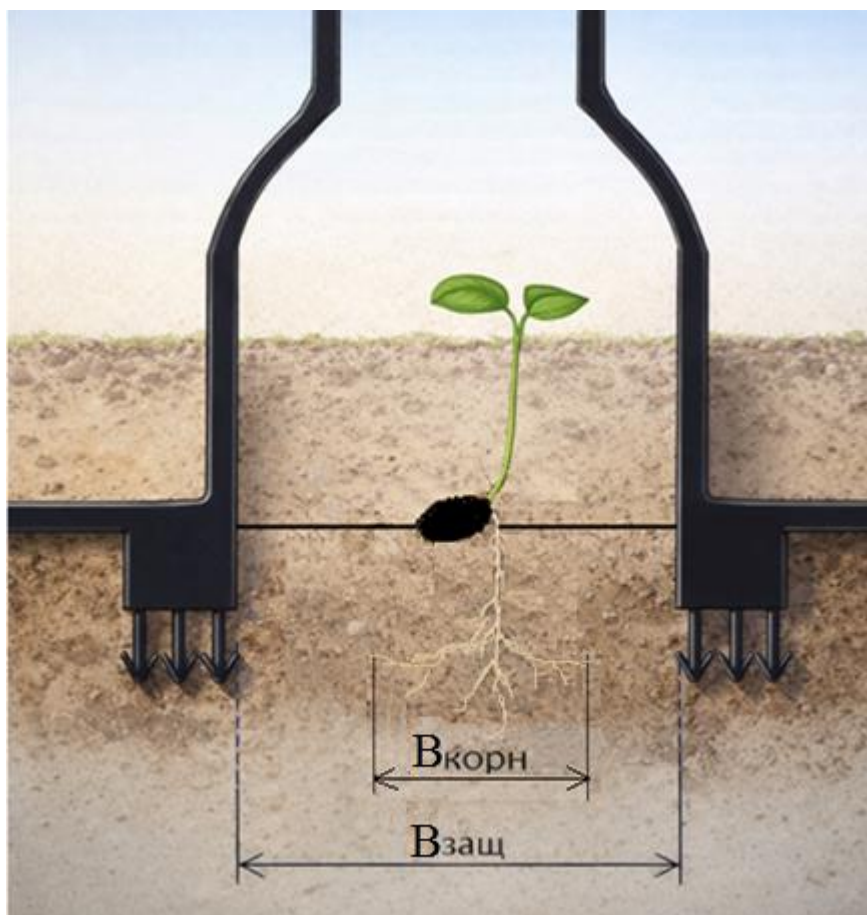


Рисунок 2.11 - Схема уплотнения почвы

При определении суммарного тягового усилия пропашной лапы с уплотняющим элементом пренебрегаем сопротивлением деформации почвы, вызываемым уплотнителем. Это обусловлено небольшими размерами уплотняющего элемента и незначительной величиной силы сопротивления $R_{\partial x}$.

Учитывая особенности развития корневой системы минимальная ширина защитной полосы при первой междурядной культивации принимается равной $B_{\text{защ}} \geq B_{\text{корн}} + (4 \dots 6) \text{ см}$.

Исходя из всего этого уплотнитель может иметь следующие параметры: ширина от 1 до 4 см, высота от 1 до 2.5 см, угол носка от 20 до 25° (рисунок 2.12).

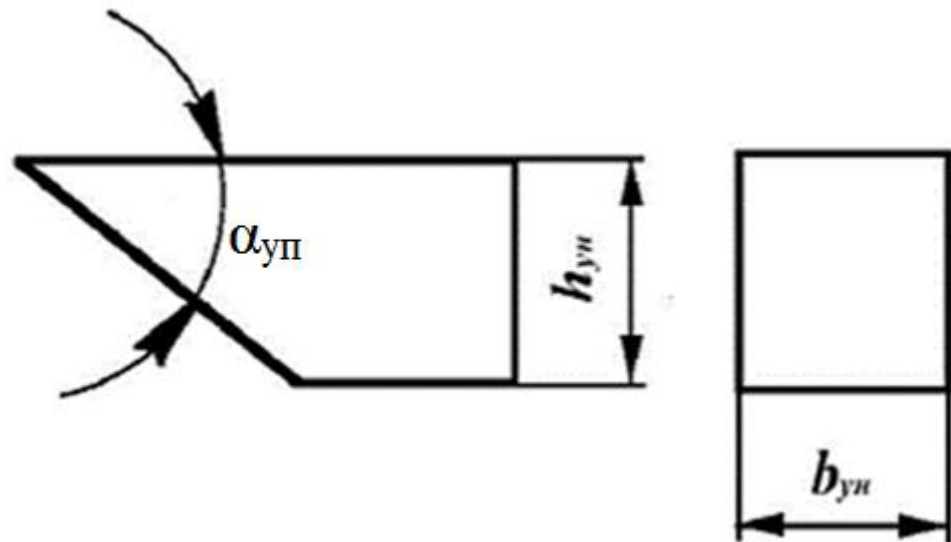


Рисунок 2.12 – Схема уплотнителя

При разработке модернизированной полольной лапы мы пришли к выводу что на степень уплотнения почвы и сопротивления движения агрегата влияет не только параметры лапы но и уплотнитель, поэтому основными параметрами уплотнителя оказывающего воздействие на почву и длительность сохранения влаги является высота, ширина уплотнителя и угол наклона его носка. Параметры уплотнителя были выбраны исходя из того, что повышение этих размеров влечет повышение тягового сопротивления рабочего органа и повышение выталкивающей силы почвы[5].

Таким образом, разработанная конструкция полольной лапы позволяет повысить уровень влаги в обрабатываемом слое за счет создания капилляров в зоне уплотнения нижнего уровня[57].

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Конструкция модернизированного рабочего органа – полостьная лапа с вертикальной щекой и уплотнителем позволяет подрезать сорняки и формировать капилляры в почве за счет ее уплотнения в зоне корней. Это способствует подъему влаги к корневой системе, улучшая условия для роста растений, особенно в засушливых зонах.

2. Определены параметры уплотнителя полостьной лапы, обеспечивающие ее движение с уплотнением нижнего слоя без сгуживания почвы. Ширину уплотнителя можно определить из формулы: $b_{\text{упл.}} = 2L - V_{\text{защ.}} / (2 \int_{x_1}^{x_2} |W'(x)| dx) - V_{\text{защ.}}$. Высоту уплотнителя можно найти из уравнения: $h_{\text{упл.}} = h_c + h_{\text{бок.кор}} - h_{\text{обр}} - h_{\text{см.}}$.

3. Ширина защитной полосы выбирается исходя из особенностей развития корневой системы бахчевых культур с подтягиванием влаги из нижних слоев почвы к боковым корням с обеих сторон рядка и определяется из условия: ширина защитной зоны должна быть больше или равна ширине развития корней плюс 4-6 см. $V_{\text{защ.}} \geq V_{\text{корн.}} + (4 \dots 6) \text{ см.}$

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Сейчас сельское хозяйство сталкивается с многими вызовами. Важное место занимает оптимизация процесса обработки почвы. Это особенно важно для бахчевых культур, которые нуждаются в особом уходе и обработке. Так программа разработанная Мельниковым С.В. представляет собой анализ физико-механических характеристик почв[60].

Первым шагом в исследовании является детальное изучение основных физико-механических свойств почвы (таблица 3.1).

Таблица 3.1 Характеристика проведения опытов

№	Краткое наименование опытов	Объем выборки, повторность	Приборы, применяемые в опытах	Ошибка опыта, %
1.	Влажность почвы	Пятнадцатикратная повторность в горизонте 0 - 10 см	Электросушильный шкаф, электронные весы	2,0 - 3,7%
2	Плотность почвы	Двадцатикратная повторность в горизонте 0 - 10 см	Лопатка, линейка, бюксы	2,0 – 3,0%
3.	Коэффициенты трения почвы	Тридцать образцов почвы при пятикратной повторности	Специально изготовленный прибор, прибор академика В.А. Желиговского	2,0 – 3,0%
4	Многофакторный эксперимент	Согласно принятого плана		Менее 5%
5.	Развитие корней	5-10 образцов	Лабораторная установка, линейка, термометр, влагомер	
6.	Тяговое сопротивление почвы		Усилитель сигнала Топаз-1, Ноутбук, электронный модуль Е-44- 11	

К ним относится коэффициент трения. Этот параметр определяет, насколько легко или трудно механическим орудиям перемещаться по поверхности почвы. Высокий коэффициент трения может указывать на плотность и уплотнённость почвы что в свою очередь влияет на эффективность междурядной обработки. Уровень влаги в почве очень важен

для роста растений. Избыточная или недостаточная влажность может негативно сказаться на корнеобразовании и как следствие, на урожайности. Поэтому определение оптимального уровня влажности является одной из ключевых задач исследования. Твёрдость почвы также играет важную роль так как влияет на проницаемость почвы для корней растений и на возможность механической обработки. Измерение твердости позволяет оценить насколько легко растения могут развиваться в данной среде.

В рамках программы исследований также предусмотрен анализ эффективности работы модернизированной полольной лапы. Это оборудование предназначено для междурядной обработки, и его производительность напрямую зависит от взаимодействия с физик механическими свойствами почвы. Экспериментальные исследования позволяют определять как различные параметры почвы повлияют на работу лапы а также выявить возможные пути для ее оптимизации.

Определение уровня влажности почвы это одно из наиболее важных вещей в агрономии, так в рамках исследований используются различные методы для измерения влажности включая как прямые так и косвенные методы. Моделирование математических моделей может включать в себя анализ влияния уровня влажности, твердости и коэффициента трения на эффективность междурядной обработки.

Лабораторные эксперименты были реализованы в специально оборудованном почвенном канале Волгоградского государственного аграрного университета. Полевые исследования, в свою очередь, проходили в 2023-2025 годах на экспериментальном участке УНПЦ Волгоградского ГАУ, который находится в агроклиматической зоне, типичной для суходольного бахчеводства.

Климат характеризуется континентальным типом с выраженной амплитудой температур (73°C), варьирующей от -28°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков составляет 350-400 мм., с неравномерным распределением во времени. Эксперименты были проведены на участках со светло-

каштановыми почвами, характеризующимися разным механическим составом – от суглинистого до супесчаного. Для всех опытов применялся сорт арбуза "Триумф".

3.1 Общая методика экспериментальных исследований

Увеличение урожайности и сокращение сроков созревания бахчевых культур напрямую зависит от качества междурядной обработки почвы. Культивация, выполняемая с помощью современных культиваторов и инновационных рабочих органов является одним из основных агротехнических приемов, позволяющих добиться высоких показателей урожайности.

В условиях крайне засушливого юга Волгоградской области важную роль при возделывании бахчевых культур, как и других сельскохозяйственных культур, является наличие влажного слоя почвы в районе семени, способствующего более быстрому развитию корневой системы на стадии прорастания семени.

Для увеличения влагообеспеченности почвы после посева, что способствует ускоренному росту растений и повышению урожайности, научно исследовательские учреждения страны, включая Волгоградский ГАУ активно проводят соответствующие исследования. Экономическая целесообразность является движущей силой развития сельского хозяйства способствуя внедрению инновационных решений в области техники. Это в свою очередь ведет к улучшению качества конечного продукта. Мы испытали модернизированные лапы пропашного культиватора при междурядной обработке посевах арбузов на опытном поле Волгоградского ГАУ. Исследования проводились в типичных для южной зоны Волгоградской области в условиях соответствующих требованиям описанных в стандартах [89] и [18].

Влияние модернизированной полольной лапы с установленным уплотнителем на влажность почвы в прикорневой зоне, было изучено в

лабораторных условиях с использованием почвенного канала и специальной установки. Измерения агротехнических показателей проводились на 30-метровых учетных делянках. Скорости движения трактора МТЗ-82 (6, 8 и 10 км/ч) были подобраны с учетом совокупности факторов: требований экспериментального плана, пределов мощности машины и фактического состояния почвы. Согласно методике Веденяпина Г.В.: «на начальном этапе, перед учетными делянками, были выделены участки разгона длиной 10 метров. Оценка глубины рыхления и уплотнения проводилась на небольшом расстоянии (25–30 мм) от оставленных стойками следов. Для этого было выполнено не менее 20 измерений, расположенных по диагонали обработанной площади. Процедура измерения заключалась во вертикальном погружении металлического стержня в почву до момента его упора в дно. Полученное среднее значение затем корректировалось на величину выпученности почвы, которая составляла 20–25%. В рамках настоящего исследования применялись современные методики измерения и регистрации исследуемых параметров с использованием разнообразного аппаратного комплекса. Анализ экспериментальных данных и оценка полученных результатов осуществлялись посредством применения методов математической статистики. Так понятие точности в экспериментальных исследованиях тесно связано с величиной ошибки. Эта ошибка формируется двумя основными факторами: погрешностями, вызванными используемыми приборами, и влиянием многократных измерений одних и тех же величин/ Количество проведенных экспериментов определяется на основе необходимой надежности, которая обычно колеблется в диапазоне от 0,5 до 0,999»[15].

Используя статистическую обработку данных «в рамках данной работы и проводимых в ней экспериментов, для достижения адекватной надежности достаточно значения $N=0,9$. Однако для повышения точности получаемых результатов мы установим надежность экспериментов на уровне $N=0,95$.

Определение числа опытов для качественной изменчивости двух признаков (альтернативной) осуществлялось с использованием формулы:

$$n = \frac{pqt^2}{S_p^2}, \quad (3.1)$$

где: t —это критическое значение распределения Стьюдента соответствующее выбранному уровню доверия (при уровне вероятности 0,5, $t=2$). p и q — эмпирические доли (или частоты) признака в выборке, p — доля благоприятных случаев, а q — доля неблагоприятных случаев, рассчитанные относительно общего числа наблюдений. S_p —это предельная ошибка выборки для оценки доли признака, которая составляет 2% согласно представленным данным.

На этапе поисковых исследований, направленных на выявление оптимальных параметров уплотнителя, нами был спланирован и проведен однофакторный эксперимент»[16].

Используя исследования Буромского В.И. «анализ диаграмм будет выполнен с помощью ручного определения координат. Собранные эмпирические данные будут обработаны с применением методов математической статистики, что даст возможность вычислить ключевые статистические показатели: среднее арифметическое, стандартное отклонение, дисперсию и коэффициент вариации. Наиболее вероятное значение измеряемой величины будет определяться как среднее арифметическое, рассчитанное на основе всего набора полученных данных.

Средняя арифметическая будет рассчитываться по формуле:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_m}{n} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i n_i}{n}, \quad (3.2)$$

где: средняя арифметическая $\bar{X}$ равна сумме всех n отдельных результатов измерений делённой на количество измерений»[10,83].

Используя математическую обработку результатов эксперимента: «Если же все измерения сгруппировать в m классы с разными количествами измерений $n_1, n_2, \dots, n_m$ в каждом классе, то вычисляется взвешенная средняя арифметическая:

$$\overline{X} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_m n_m}{n_1 + n_2 + \dots + n_m} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i n_i}{n}, \quad (3.3)$$

где: $x_1, x_2, \dots, x_m$ - средние по классу.

Дисперсия будет рассчитываться по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \overline{X})^2}{n-1}, \quad (3.4)$$

Следовательно, стандартное отклонение (также известное как среднеквадратическое отклонение) определяется с помощью формулы:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \overline{X})^2}{n-1}}, \quad (3.5)$$

Стандартное отклонение, деленное на среднее арифметическое, составляет коэффициент вариации, который рассчитывается по соответствующей формуле»[83].

$$V = \frac{\sigma}{\overline{X}} 100\%, \quad (3.6)$$

Для определения диапазона, в котором находятся исследуемые значения, используется данное выражение:

$$X = \overline{X} \pm t\sigma, \quad (3.7)$$

3.2 Методика определения физико-механических свойств почвы

Измерения влажности почвы производилось простым и наиболее точным способом -термостатно-весовым. Согласно методике Веденяпина Г.В.: «для отбора почвенных образцов использовали бур. Отбор образцов производили из слоя 0–5 и 5–10 см, через каждые 100 см. Исходные данные и результаты взвешиваний записывали в специальный журнал, после этого образцы грунта помещались в электрическую печь (рисунок.3.1) на 7-8 часов при температуре 105 градусов»[15].



Рисунок 3.1 - Печь для просушивания образцов почвы

После просушки, почва взвешивалась на электронных лабораторных весах (рисунок 3.2) и с помощью формулы определения влажности грунта производился расчет.



Рисунок 3.2 - Весы лабораторные

Процентное содержание влаги в почве по массе (W) вычисляется

формулой:

$$W = \frac{P_2 - P_3}{P_3 - P_1} 100,$$

где: P_1 - масса пустого бюкса; P_2 - масса бюкса с влажной почвой; P_3 - масса бюкса с сухой почвой.

Вынос влажного слоя почвы на поверхность определяют при работе почвообрабатывающих машин в весенне-летний период в засушливой зоне, а также в зонах с недостаточным увлажнением.

Полевые эксперименты были осуществлены в течение 2023-2025 годов на территории опытного поля «Горная Поляна». Место проведения исследований отличалось типичными для суходольного бахчеводства условиями, характерными для региона с континентальным климатом.

Анализ многолетних данных показал, что среднегодовое количество осадков здесь колеблется от 350 до 400 мм, причем их выпадение не зависит от конкретного месяца года и носит неравномерный характер. Почвы опытного поля относятся к светло-каштановым, с механическим составом, варьирующимся от суглинистого до супесчаного. В рамках всех проведенных опытов культивировался сорт арбуза «Триумф».

3.3. Определение плотности почвы

Метод, который был предложен Ф.Р. Зайдельманом представляет собой эффективный способ определения плотности почв. Он основан на довольно простом принципе из почвы извлекается определённый объем который затем заменяется строго отмеренным количеством сухого просеянного песка.

Этот подход имеет свои преимущества так как не требует наличия специального оборудования (рисунок 3.3) и может быть легко применен в полевых условиях что делает его доступным для широкого круга специалистов и исследователей занимающихся изучением почв. Простой и понятный алгоритм выполнения этого метода позволяет его рекомендовать для различных целей связанных с анализом почвы. Перед тем как приступить к взятию образцов необходимо подготовить площадку. Для этого её выравнивают, чтобы обеспечить максимально точные результаты. Далее следующим этапом мы очищаем поверхность от комков мелкозема. Потом наносим метку которая будет обозначать линию касания с поверхностью, это важно для измерений и анализа. Затем на очищенной площадке мы делаем

углубления глубиной от 8 до 12 см. и от 15 до 20 см. почву извлекали с помощью совка. Важно хорошо собрать почву из углубления, затем она взвешивается для дальнейших расчётов. После извлечения почвы, оставшаяся ямка заполняется просеянным песком и объем которого должен быть строго учтен. Это нужно для определения плотности так как соотношение между извлеченным объемом и засыпанным песком позволяет вычислить нужные параметры. Кроме того из взятой пробы отделяют мелкую часть которая включает в себя частицы размером менее 3 мм. Это делается с помощью промывки почвы на сите с отверстиями диаметром 3 мм в текучей воде. Такой подход позволяет получить более точные данные о составе почвы и её физико-химических свойствах. Таким образом, метод, предложенный Ф.Р. Зайдельманом, представляет собой простую, но в то же время эффективную методику, которая позволяет исследовать плотность почвы и её состав, что имеет большое значение для агрономии, экологии и других смежных наук[29].



Рисунок 3.3-Цилиндр для определения объемного веса почвы в обрабатываемом слое

Расчет плотности почвы мы так же проводим опираясь на работу Ф.Р. Зайдельмана: «в данном случае производят по следующим формуле:

$$d_v = \frac{p'}{v'}$$

где: d_v – плотность, p' -вес абсолютно сухой почвы; v' – объем почвы,» [29].

Так, для оценки плотности почвы в агрономических целях Н.А. Качинским предложена шкала ее оценки (таблица 3.2). Плотность пахотных почв является важным показателем их окультуренной. Например, если почва сильно уплотнена в сухом состоянии, это создает значительные препятствия для роста корней растений. Кроме того, при обработке такой почвы необходимо затрачивать больше ресурсов. Уплотненная почва также не справляется с фильтрацией воды, что может приводить к эрозионным процессам[37].

Таблица 3.2-Оценка уплотненности для светлокаштановых почв.

Твердость, МПа	Плотность, г/см ³	Характеристика
0.5–0.8	1.1–1.2	Рыхлая, хорошая для прорастания
1.0–1.5	1.3–1.4	Средне уплотнённая, допустимая
1.6–2.0	1.45–1.55	Плотная, затрудняет рост корней
>2.0	>1.55	Слишком уплотнённая

3.4 Определение коэффициентов трения покоя

Согласно методика изучения физико-механических свойств с.-х. растений «определение коэффициента трения покоя почвы проводилось по установленной методике с использованием специального устройства (рисунок 3.4).

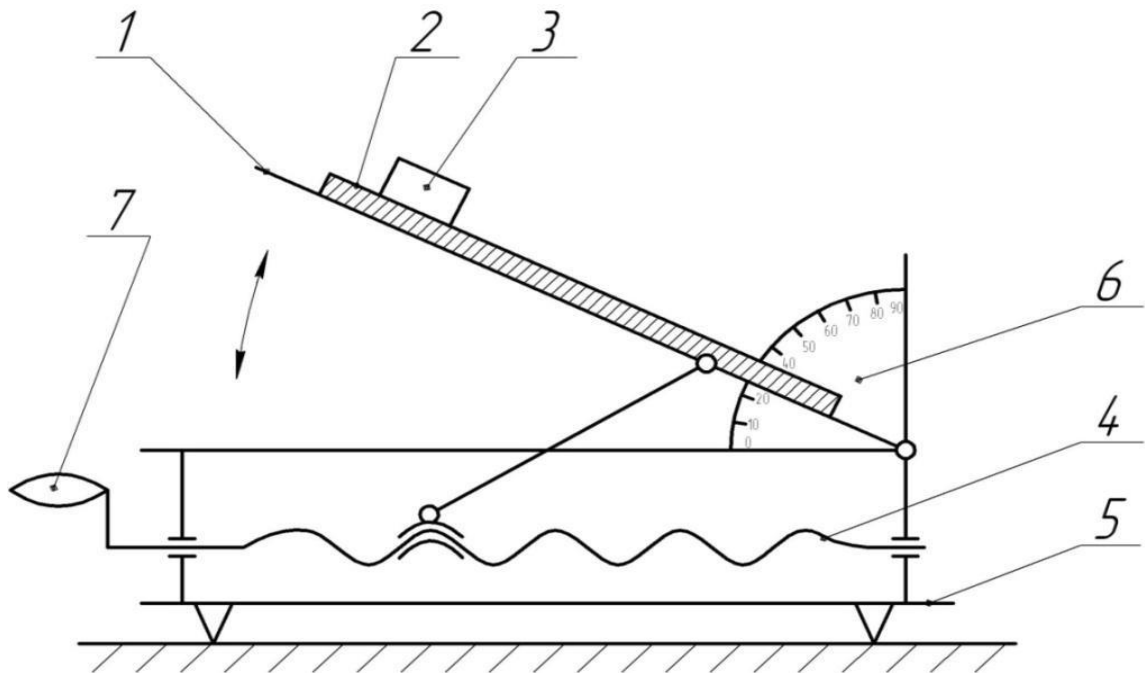


Рисунок 3.4 - Схема прибора по определению коэффициентов трения:

1– подвижная наклонная плита; 2 – испытываемая поверхность трения; 3–исследуемый материал; 4–винт; 5–горизонтальная неподвижная плита; 6– шкала; 7–рукоятка.

Началу движения образца соответствует коэффициент трения покоя f_n . Этому положению плиты (рисунок 3.5) соответствует условие:

$$f_n = mgs \sin \alpha,$$

где: f_n – сила трения покоя, $mgs \sin \alpha$ – проекция силы тяжести» [59].



Рисунок 3.5-Определение трения покоя

В своей работе Матасов А.Н. указывал что: «Трение—это сила, которая мешает одной поверхности двигаться по другой. Исходя из этого можно сделать вывод, что угол наклона плиты α соответствует углу статического трения φ_n в момент, когда начинается скольжение исследуемого материала.

Для определения коэффициентов трения почвы о различных поверхностях был использован следующий экспериментальный метод: исследуемый образец размещался на горизонтальной поверхности. Затем, с помощью рукоятки, постепенно увеличивался угол наклона подвижной плоскости (рисунок 3.6). Положение наклонной плоскости, при котором образец начинал двигаться, фиксировалось по шкале специального прибора» [58,59].

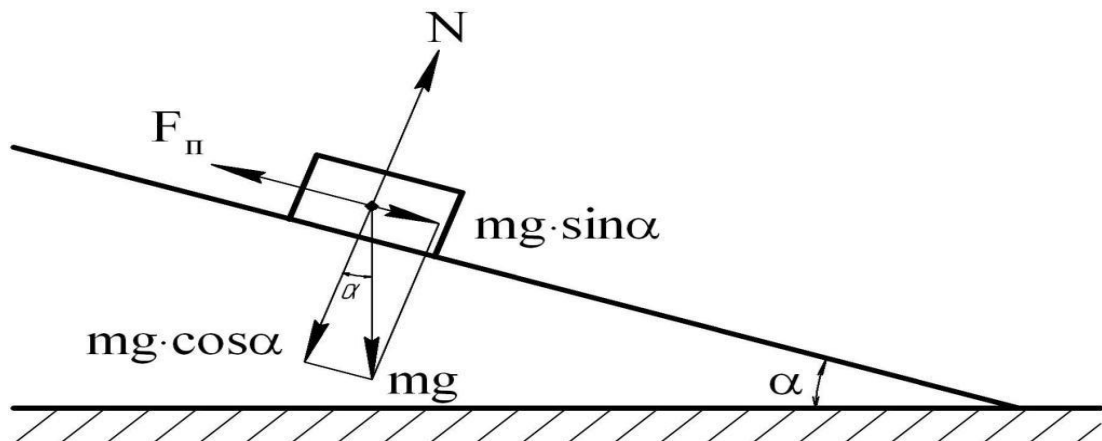


Рисунок 3.6 – Воздействие сил на изучаемый образец.

В момент начала движения образца фиксировали угол α и определялся угол трения покоя φ_n . Коэффициент трения покоя определялся по формуле:

$$f_n = \operatorname{tg} \varphi_n = \operatorname{tg} \alpha,$$

где: α —угол наклона плоскости к горизонту, φ_n — угол трения покоя.

Веденяпиным Г.В была предложена методика исследования в отрой «коэффициент трения был определен экспериментально, с проведением пяти серий испытаний, каждая из которых состояла из тридцати измерений. После этого были применены соответствующие формулы для вычисления среднего значения и среднеквадратического отклонения этих данных»[15].

Использовался специальный прибор, созданный академиком Желиговским В.А. «для измерения коэффициента трения при движении почвы по различным поверхностям, на рисунке 3.7 и 3.8 представлена схема проведения этих измерений.



Рисунок 3.7. –Определение трения движения

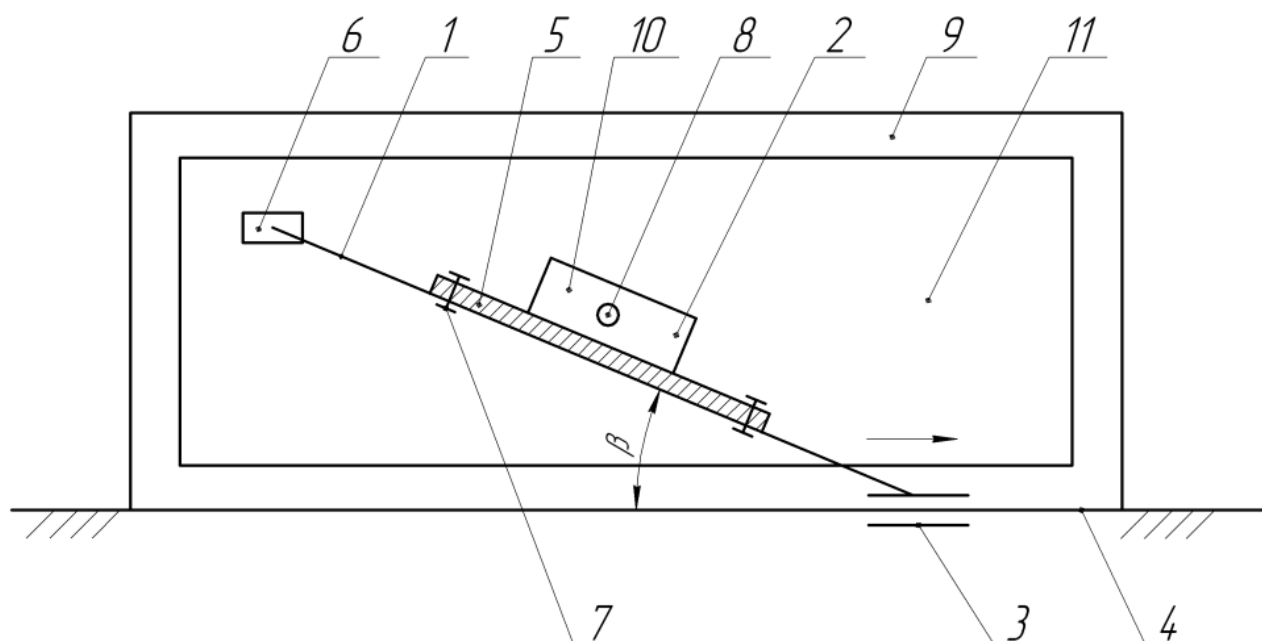


Рисунок 3.8 - Схема прибора для определения коэффициента трения:

1-линейка, 2-каретка, 3-ползун, 4-направляющая, 5-испытываемая поверхность трения, 6-ползнок, 7-струпцины, 8-карандаш, 9-горизонтальная поверхность, 10-исследуемый материал, 11-бумага чертежная.

Прибор, разработанный В.А. Желиговским, представляет собой устройство, состоящее из нескольких ключевых компонентов, которые

работают в сочетании для исследования свойств трения»[26]. В установку входят следующие части: «линейка (1), которая закрепляется по углом β к направляющей (4). Этот угол нужно подбирать тщательно чтобы обеспечить скольжение исследуемого материала (10) по поверхности трения (5). Линейка (1) поддерживается с одной стороны опорным ползунком (6) который обеспечивает стабильность а с другой стороны ползунком (3) который свободно скользит по направляющей (4). Это позволит линейке перемещаться для выполнения измерений. На каретке (2) установлен карандаш(8). Которым наносится траектория движения по поверхности для визуальной фиксации результатов. Испытываемая поверхность трения (5) фиксируется линейке(1) с помощью струбцин для надежного соединения и предотвращения смещения во время испытаний. Материал для исследования (10) крепиться в каретке что позволяет ему взаимодействовать с поверхностью трения. При проведении эксперимента прибор устанавливается на ровную горизонтальную поверхность, на которую кладется чертежная бумага. Для того чтобы точно зафиксировать результаты эксперимента. Когда каретка начинает двигаться под воздействием силы N а также силы трения F_c . Направление движения каретки совпадает с направлением равнодействующей силы R_c которая является результатом приложенных сил. После определения движения каретки, мы строим треугольник $СМК$ который служит для дальнейших расчетов. Из этого треугольника можно вычесть коэффициент трения движения f а также угол φ [58]. Это позволяет получить полное представление о характеристике трения в данном эксперименте. Поэтому прибор Жилиговского сложное но эффективное устройство для изучения механики трения которое помогает нам получать важные данные для научных исследований и практического применения»[26].

Используя исследования Матасова А.Н. мы видим что «на данной схеме (рисунок 3.9) видно, что треугольник $МК$ подобен треугольнику CNR . Соответственно: угол трения f_c будет равен углу $М К$, а, следовательно, коэффициент трения движения можно вычислить по формуле:

$$f_c = f g \varphi_c \frac{MK}{100},$$

В ходе эксперимента было проведено пять серий по тридцать измерений. На основе полученных данных, с применением формул, были рассчитаны ключевые статистические показатели: среднее значение, среднеквадратическое отклонение и интервал варьирования»[58].

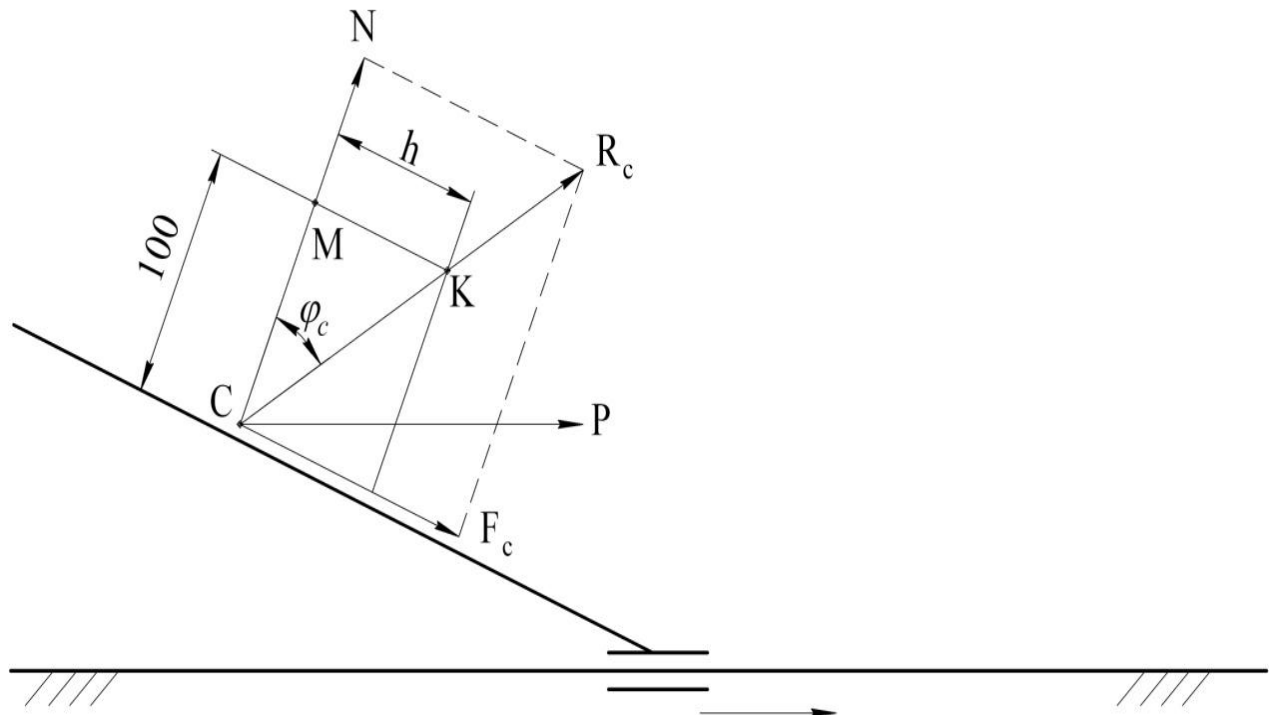


Рисунок 3.9—Действия сил на каретку

Силу внешнего трения определяем с помощью формулы:

$$F = fN' = N \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.21)$$

где: N' - нормальная сила, N ; f и φ - соответственно коэффициент и угол внешнего трения.

Сила трения – это пассивная сила, и поэтому она не может быть больше fN' (рисунок3.10).

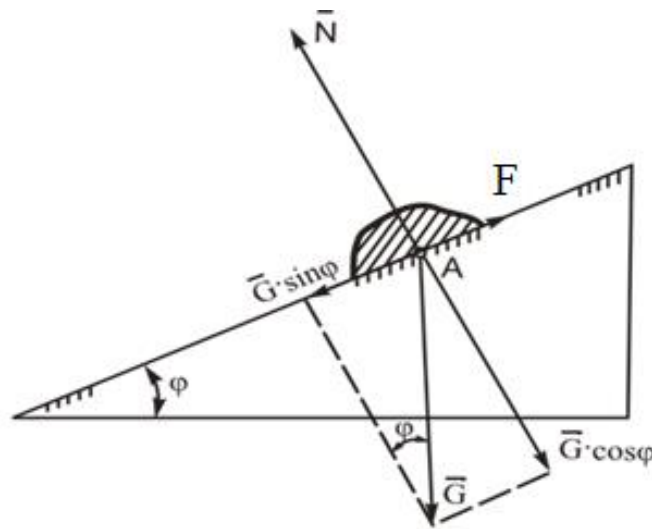


Рисунок 3.10- Определение внешнего трения

В разных почвах коэффициент трения может меняться от 0,25 до 0,90, а угол трения φ – от 14° до 42° . Для практических, ориентировочных расчетов, часто принимают коэффициент трения $f=0,5$, что соответствует углу трения $\varphi=26^\circ 30'$.

Характеристика сопротивления почвы при обработке. Для оценки сложности обработки почвы используется показатель удельного сопротивления K (в Н/см^2), который определяется по формуле:

$$K = \frac{P''}{a \cdot b \cdot n},$$

где: P'' - общее сопротивление, измеренное динамометром, Н; a - глубина обработки почвы, см; b - ширина захвата лапы см; n - число лап.

Степень удельного сопротивления почвы обусловлена комплексом факторов, включая ее механический состав, структуру, плотность и уровень влажности. По удельному сопротивлению почву различают на легкие (3Н/см^2), средние (от 3 до 5Н/см^2), среднетяжелые (от 5 до 7Н/см^2) и тяжелые (от 7 до 12Н/см^2). Липкость же почвы это ее адгезионная способность, то есть способность прилипать к чему либо. Эта величина определяется как удельное усилие необходимое для отрыва почвы от примыкающей к ней поверхности, на единицу площади (1кв.см.)

3.5. Планирование факторного эксперимента

Нужные значения устанавливаются с использованием регрессионной модели второго порядка. Эта модель представлена в виде квадратичного уравнения которое позволяет приблизительно описывать взаимосвязь между оптимизирующим параметром и входными факторами. Для более эффективного определения этих значений применяется стратегия активного эксперимента. Эта стратегия предполагает активное участие в процессе экспериментов для более точного нахождения нужных параметров при минимальном количестве испытаний и ускорении процесса получения результатов. Квадратичная модель в свою очередь позволяла учесть не только линейные зависимости но и более сложные взаимодействия между факторами которые делают её особенно полезной в задачах оптимизации [52].

В активном эксперименте каждый фактор варьируется на нескольких уровнях позволяющее более эффективно спланировать исследование. Состояние исследуемого объекта определяется комбинацией уровней факторов. Количество опытов напрямую зависит от числа всех возможных комбинаций уровней факторов.

Ключевым моментом является точный выбор независимых переменных (факторов) которые воздействуют на целевой показатель (параметр оптимизации). Для каждого фактора необходимо определить его допустимые значения степень контроля над ним и отсутствие неоднозначности в его интерпретации.

Фактор может принимать любые значения из определенного диапазона, который так и называется-областью определения. К примеру, в работе Мартынова И.С. указано что: «управляемость означает, что мы можем задать нужное значение фактора и удерживать его неизменным на протяжении всего эксперимента. Однозначность означает, что фактор напрямую влияет на объект, а не является результатом взаимодействия двух других факторов.

Обширное исследование литературных источников, эмпирических данных поисковых исследований и теоретических моделей процесса

уплотнения почвы в кровеообразующей зоне позволил идентифицировать три ключевых управляемых фактора» [84], которые оказывают воздействие на динамику влажности в прикорневой зоне: X_1 - высота уплотнителя, X_2 - ширина уплотнителя и угол наклона носка- X_3 .

Планирование эксперимента представляет собой создание наиболее эффективной стратегии для проведения исследований. Этот процесс обеспечивает возможность принимать обоснованные решения на каждом этапе опираясь на результаты которые были получены. Такой метод позволяет заранее установить порядок действий что помогает сократить количество необходимых экспериментов. При этом можно изменять все исследуемые параметры, не жертвуя полнотой и надежностью собранной информации. Таким образом грамотное планирование способствует более эффективному использованию ресурсов и времени, а также повышает качество исследований [77].

Исследование сосредоточено на методах планирования экспериментов, которые направлены на выявление крайних значений. Решение этой задачи включает две ключевые стадии: первая это создание функции отклика, которая приближает зависимость наблюдаемого результата от управляющих параметров. Вторая стадия заключается в определении оптимальных режимов тех. процесса. «В общем случае функция отклика, выступающая в качестве оптимизируемого критерия η может быть выражена следующим образом:

$$\eta = f(X_1, X_2, \dots, X_K), \quad (3.9)$$

где: $X_1, X_2, \dots, X_K$ – независимые факторы.

Геометрическая форма функции отклика представляет собой поверхность отклика в пространстве факторов. Обычно механизм исследуемого процесса либо неизвестен, либо изучен недостаточно, поэтому функцию отклика часто приближают с помощью полинома следующего вида:

$$\eta = \Omega_0 + \sum_{i=1}^k \Omega_i X_i + \sum_{i < j}^k \Omega_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k \Omega_{ii} X_i^2, \quad (3.10)$$

где: $\Omega_0, \Omega_i, \Omega_{ij}, \Omega_{ii}$ - теоретические коэффициенты регрессии.

По результатам опытов получают коэффициенты регрессии b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} , которые являются оценками теоретических коэффициентов»[52].

Уравнение(3.10) будет выглядеть следующим образом:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (3.11)$$

где: i – это выборочная оценка для критерия оптимизации η .

Расул А.А.: писал «целью эксперимента является определение численных значений коэффициентов уравнения регрессии а для определения оптимальных условий протекания процесса находят значения факторов $x_1, x_2 \dots x_k$, соответствующих экстремуму функции»[77].

Для эффективной оптимизации через активное экспериментирование важно прежде всего точно определить границы, в рамках которых будут проводиться эксперименты. Мы считаем, что наилучшее решение можно будет найти именно в этих заранее установленных рамках. Результаты предварительных поисковых экспериментов позволили нам выделить определенные диапазоны для изменения управляющих параметров, в которых, по нашим предположениям, должна находиться оптимальная точка.

Для обоснования выбора этих областей был использован метод, основанный на критерии Фишера, он заключается в разложении общей вариативности данных на составляющие, каждая из которых соответствует определенному фактору. Оценка этих составляющих с помощью критерия Фишера позволяет количественно определить, насколько каждый исследуемый фактор влияет на изменение конечного показателя[52].

Используя методику Мельникова С.В. проводилась «оценка адекватности представления результатов эксперимента математической модели второго порядка.

Остаточная сумма квадратов (SS_R) при проведении повторяющихся опытов может быть разложена на суммы – сумму квадратов, определяющую неадекватность (SS_{LF}) результатов эксперимента, и сумму квадратов,

связанную с дисперсией, характеризующей ошибку опытов (SS_Y), т.е. $SS_R = SS_{LF} + SS_Y$

Для проверки адекватности вычисляется экспериментальное значение F – критерия Фишера сравнивается с табличным значением.

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_Y^2} = \frac{SS_{LF}}{f_{LF}} \div \frac{SS_Y}{f_Y}, \quad (3.12)$$

Здесь f_{LF} и f_Y – соответственно числа степеней свободы, отвечающей сумме (SS_{LF}) и (SS_Y).

Для равномерного дублирования опытов

$$S_{LF}^2 = \frac{m \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - y_u)^2}{N - k - 1}, \quad (3.13)$$

где: k - число факторов в матрице плана; m - число повторностей опытов; N - число опытов.

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N(m-1)}, \quad (3.14)$$

В случае если $F_p < F_{таб}$ то гипотезу об адекватности описания уравнением (3.11) результатов эксперимента можно считать верной с 95% вероятностью»[60].

Оценка значимости каждого коэффициента регрессии проводили с при помощи t -критерия Стьюдента. Этот подход включает в себя вычисление доверительного интервала для каждого коэффициента, что позволяет выяснить, насколько вероятно, что реальное значение коэффициента отличается от нуля. Таким образом, мы можем оценить, имеет ли данный коэффициент статистически значимое влияние на зависимую переменную.

$$\Delta b_i = \pm \frac{t \cdot S(b_i)}{\sqrt{N}}, \quad (3.15)$$

где: $S(b_i)$ - квадратичная ошибка коэффициента регрессии.

Дисперсии коэффициентов регрессии рассчитывали по формуле

$$S^2(b_i) = \frac{S_y^2}{\sum_{u=1}^n x_{iu}^2}, \quad (3.16)$$

Мельников С.В. указывал что «преимущество многофакторных схем анализа заключается в их способности раскрывать не только индивидуальное воздействие каждого фактора, но и комплексное влияние их сочетаний. С целью сокращения числа опытов нами проводились отсеивающие эксперименты методом случайного баланса позволяющим исключить из дальнейших исследований незначимые факторы

В качестве входных управляемых величин влияющих на процесс, нами были выделены:

X_1 - высота уплотнителя, мм;

X_2 - ширина уплотнителя, мм;

X_3 - угол наклона носка , град..

В ходе эксперимента, целью которого было повышение влажности в прикорневой зоне, мы использовали этот показатель как критерий оптимизации (рисунок 3.11). Целевое значение: - Y_1 %» [60] .

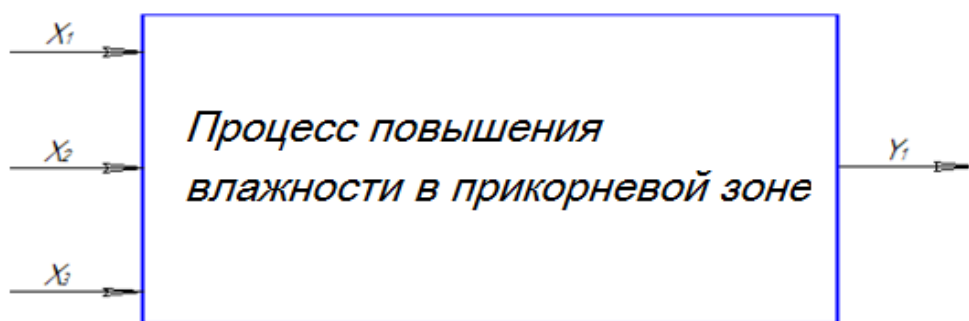


Рисунок 3.11. Модель процесса повышения влажности в прикорневой зоне

Уровни и интервалы варьирования факторами представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Уровни и интервалы варьирования факторами.

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования, ε
	0	-1	+1	
x_1 – высота уплотнителя ($h_{упл.}$), мм	20	15	25	5
x_2 – ширина уплотнителя ($b_{упл.}$), мм	32	24	40	8
x_3 – угол наклона носка ($\alpha_{уп.}$), град.	22,5	20	25	2,5

Комплексный анализ литературных источников, на пример в работе Мартынова И.С. указывает на то что «результаты поисковых экспериментов и теоретических исследований, касающихся процесса увеличения влажности в прикорневой зоне, позволит определить значения основных факторов и их диапазоны изменения. Для проведения исследований, направленных на нахождение оптимальных условий, был выбран предельно насыщенный план второго порядка, известный как план Рехтшафнера» [52]. «Этот план близок к D-оптимальному, что делает его удобным для использования, поскольку он является предельно насыщенным. Это означает, что количество экспериментов в серии совпадает с количеством коэффициентов в регрессионном уравнении, которое строится на основе данных, полученных в ходе данного эксперимента[52,60].

Для решения регрессионного анализа была использована матрица плана Рехтшафнера для трёхфакторного эксперимента, которая имеет вид, приведенный в таблице 3.4» [2,9,17].

Используя данные представленные Мельниковом С.В. «анализ и систематизацию полученных результатов уравнение регрессии второго порядка приводим к типовой канонической форме вида:

$$Y - Y_0 = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + ...B_{kk}X_k^2, \quad (3.17)$$

где: $X_1, X_2, \dots, X_k$ - новые оси координат, $x_1, x_2, \dots, x_k$ - повернутые относительно старых, $B_1, B_2, \dots, B_k$ – коэффициенты регрессии в канонической форме»[60].

В современных исследованиях, связанных с оптимизацией важным этапом является идентификация типа поверхности, на которой располагается

целевая функция. Для этого часто используется каноническое уравнение, которое позволяет не только определить форму поверхности, но и провести дальнейший анализ. Каноническое уравнение представляет собой математическую модель, которая описывает поведение функции в зависимости от нескольких переменных. Этот подход позволяет исследовать разные типы поверхностей такие как параболы, гиперболы и другие. Определение типа поверхности осуществляется с помощью анализа коэффициентов уравнения для понимания как меняются значения функций в зависимости от изменения входных данных.

Таблица 3.4 - Матрица плана Рехтшафнера для 3-х факторного эксперимента.

Номер опыта	Факторы		
	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1
2	-1	1	1
3	1	-1	1
4	1	1	-1
5	1	-1	-1
6	-1	1	-1
7	-1	-1	1
8	1	0	0
9	0	1	0
10	0	0	+1

Для более точного исследования оптимальной области используются двумерные сечения. Это позволяет визуализировать поведение функций в плоскости исключая влияние одной или нескольких переменных.

Параметрическое исследование уравнения регрессии, выполняемое путем подстановки координат центра и исключения двух переменных и дает возможность сконцентрироваться на исследовании оставшихся факторов.

В этом этапе важно построить графики независимых переменных, которые отображают центр и главные оси. Такое визуальное представление помогает лучше понять как различные параметры влияют на целевую функцию и какие комбинации факторов могут привести к нужному результату. Кривые уровней построены на основе канонической формы уравнения, и они играют ключевую роль при анализе критерий оптимизации. Они представляют собой линии, на которых функция принимает одинаковые значения и позволяет визуально оценить как на изменение одного параметра влияет на значения функции. Анализ этих кривых помогает выявить области оптимума и субоптимума что является важным при отсутствии глобального оптимума.

Исследование разных двумерных сечений помогает глубже понять как несколько факторов воздействует на целевую функцию. Это особенно важно в сложных системах где множество переменных могут взаимодействовать между собой. В таких случаях если глобальный оптимум не удастся достичь важно определить субоптимальные комбинации факторов которые все же могут привести к нужным результатам.

Для визуализации двумерных сечений применяется каноническое преобразование к уравнениям регрессии. На основе этого мы можем сделать вывод что: «это изменение позволяет нам изменить уравнения в более удобную для анализа форму, что упрощает дальнейшую интерпретацию результатов. А значения коэффициентов регрессии в канонической форме определяются путем решения характеристических уравнений что обычно выполняется с использованием стандартных программ» [60].

Идентификация типа поверхности и исследование оптимальной области с помощью двумерных сечений являются важными инструментами в области оптимизации. Использование канонического уравнения и визуализация

результатов на графиках позволяют глубже понять взаимосвязи между факторами и целевой функцией. Таким образом данный подход способствует более эффективному поиску оптимальных решений в сложных системах.

«При решении компромиссной задачи расшифровку кодированных значений оптимальных значений факторов проводили по формуле:

$$x_{ih} = x_{0ih} + (x_{ik} \cdot h_i), \quad (3.18)$$

где: x_{ik} - кодированное значение i -го фактора; x_{ih} - натуральное значение i -го фактора; x_{0ih} - натуральное значение i -го фактора на нулевом уровне; h_i - интервал варьирования i -го фактора»[60].

3.6 Методика исследования развития корневой системы

Для исследования развития корневой системы бахчевых культур разработана лабораторная установка (рисунок 3.12).

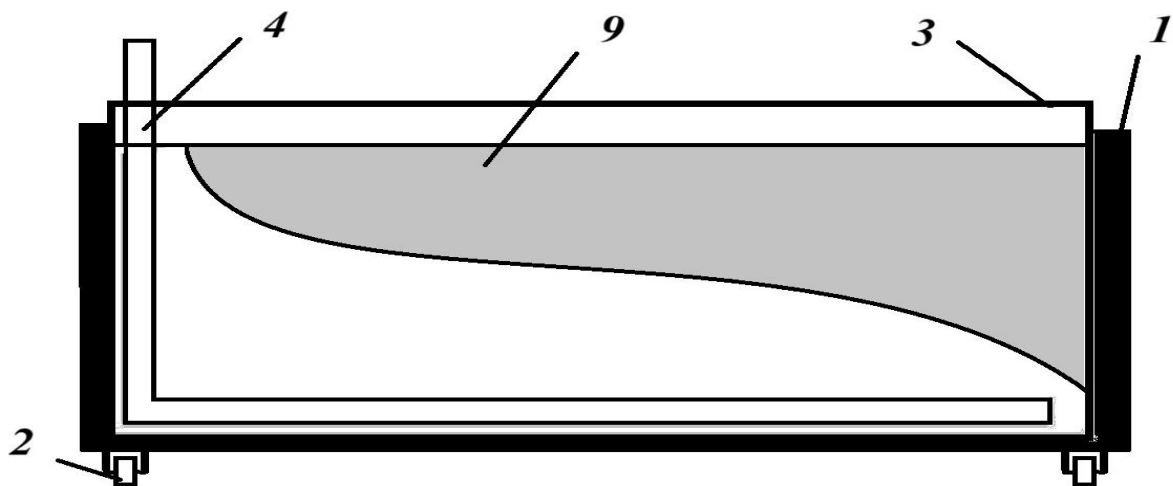


Рисунок 3.12- Лабораторная установка вид сбоку

Она включает в себя каркас 1, в нижней части которого расположены ролики 2 для придания мобильности, посадочную емкость 3 для растений, питающую трубку 4, при этом питающая трубка, состоящая из вертикального и горизонтального участков, на верхней поверхности горизонтального участка питающей трубки имеются отверстия 5, а с торца 6 запаяна, размещена на дне посадочной емкости 3, в верхней части которой установлена пластина 7 с отверстием 8, удерживающее питающую

трубку от бокового перемещения относительно горизонтальной оси (рисунок 3.13).

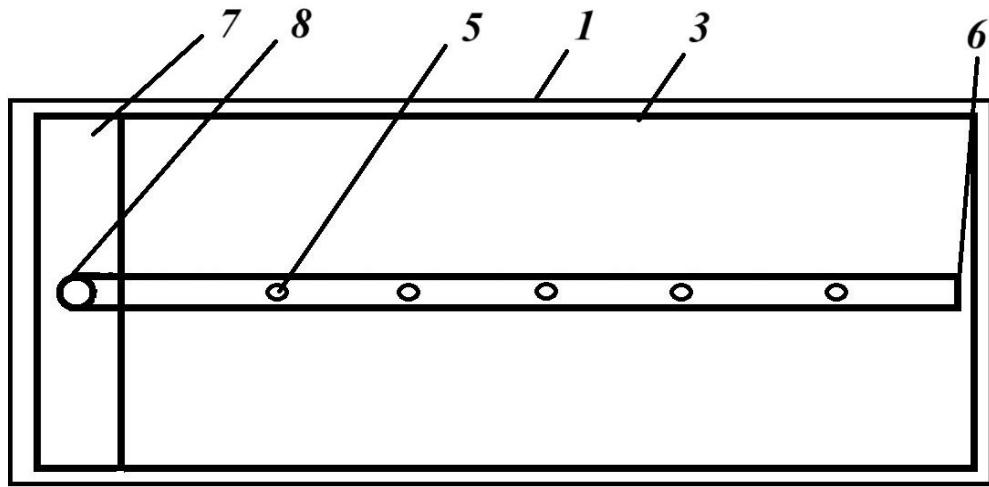


Рисунок 3.13 - Лабораторная установка вид сверху (без почвы)

Устройство для исследования корневой системы в почве в лабораторных условиях работает следующим образом.

Посадочная емкость 3, которая выполнена прозрачной, заполняется почвой 9. На глубине посева h_c моделируются условия предпосевной обработки почвы и укладываются семена 10 таким образом, чтобы развитие корневой системы осуществлялось вдоль стенки посадочной емкости 3. Затем семена засыпают слоем почвы 9, равному глубине заделки семян h_c . Влажность почвы, которая контролируется цифровым влагомером, при этом должна быть равной полевой на момент посева (рисунок 3.15). При прорастании семени 10 корневая система 11 формируется вдоль прозрачной стенки посадочной емкости 3. При этом имеется возможность отслеживать рост основного и боковых корней (рисунок 3.14). Для регулирования влажности почвы на глубине и моделирования движения капиллярной влаги к корневой системе 11 растений 12 установлена питающая трубка 4, через которую подается вода через вертикальную часть питающей трубки 4. Вода через отверстия 5 увлажняет нижние слои почвы, приближая условия к полевым.

Таким образом, моделируя различные способы обработки почвы, проводят исследования развития корневой системы, влияющих на формирование фаз растений пропашных культур.

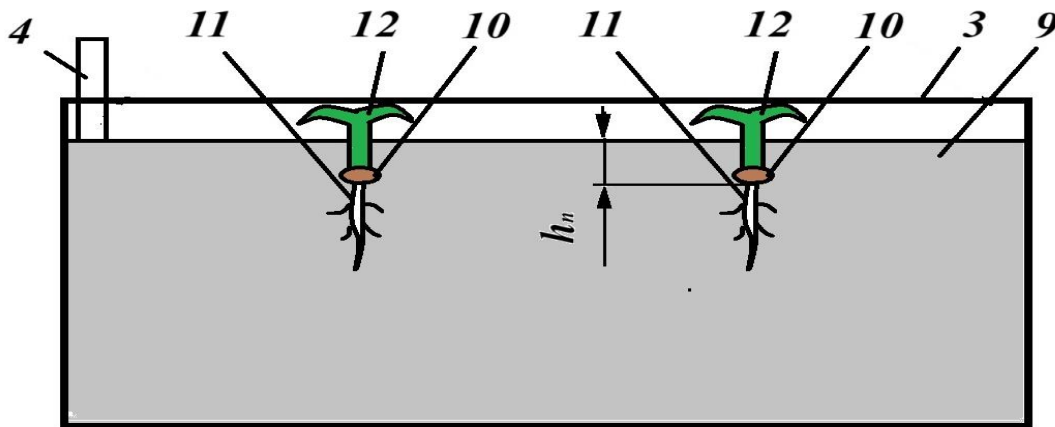


Рисунок 3.14- Лабораторная установка с растениями вид сбоку

В лабораторной установке была подготовленная почва схожая по составу и характеристикам с почвой расположенной на опытном поле. Далее почва была взрыхлена для приближения ее к характеристикам почвы на поле, прошедшую предпосевную обработку с такой же влажностью и температурой почвы (рисунок 3.15).



а

б

Рисунок 3.15 – Температура и влажность в лабораторных и полевых условиях

а) Полевые условия. б) лабораторные условия.

В ходе эксперимента, мы разделили почву на две части и произвели посев семян арбуза сорта Триумф на одинаковую глубину, при появлении всхода, с правой мы имитировали работу полольной лапы с уплотнителем, то есть уплотнили почву учитывая ширину защитной зоны.

3.7 Методика определения тягового сопротивления

Разработанная методика служит для определения количественных показателей тягового сопротивления. Проверка работоспособности и эффективности проводилась как в строго контролируемой лабораторной среде кафедры «Процессы и машины в АПК» так и в полевых исследованиях на опытном поле «УНПЦ ВолГАУ». В лабораторных исследованиях применялась специальная установка (рисунок 3.16) которая представляет собой комплекс оборудования, включающий измерительно-регистрирующий блок (таблица 3.5), электродвигатель и редуктор, соединенный с барабаном. Главным подвижным элементом является тележка, на которой закреплена разборная рама и секция культиватора (рисунки 3.16 и 3.17). Последняя оснащена двумя типами рабочих органов: стрелчатой и полольной лапами.

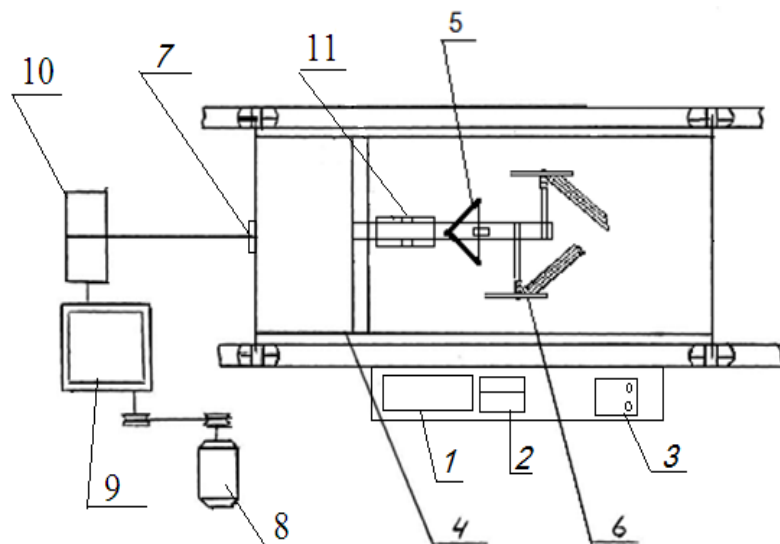


Рисунок 3.16 – Схема лабораторной установки:

1-усилитель сигнала, 2-компьютер, 3-аккумуляторная батарея-12v, 4-тележка, 5-стрелчатая лапа, 6-полольная лапа с уплотнителем, 7-тензометрический датчик. 8-электрический двигатель; 9-редуктор; 10-барабан; 9-опорное колесо.

Для привода установки использовался трос, получавший вращение от электродвигателя. Это вращение затем регулировалось коробкой перемены передач и клиноременным вариатором перед передачей на установку.



Рисунок 3.17- Секция культиватора

Для исследования тягового сопротивления на раму тележки были закреплены тензометрические датчики и считывающая аппаратура (рисунок 3.18).

Для регистрации и обработки сигналов, поступающих от датчиков нами использовался, специальный измерительно-регистрирующий блок (рисунок 3.18). Этот блок был размещен в непосредственной близости от приводной тележки для удобства.

Таблица 3.5 Состав измерительно-регистрирующего блока

Усилитель сигналов	Источник напряжения	Вывод информации	Эвм	Программа для обработки информации
ТОПАЗ-1	АКБ с напряжением 12 вольт	электронный модуль Е-440 11	Ноутбук DELL	Power Graph 3.1 Professional.

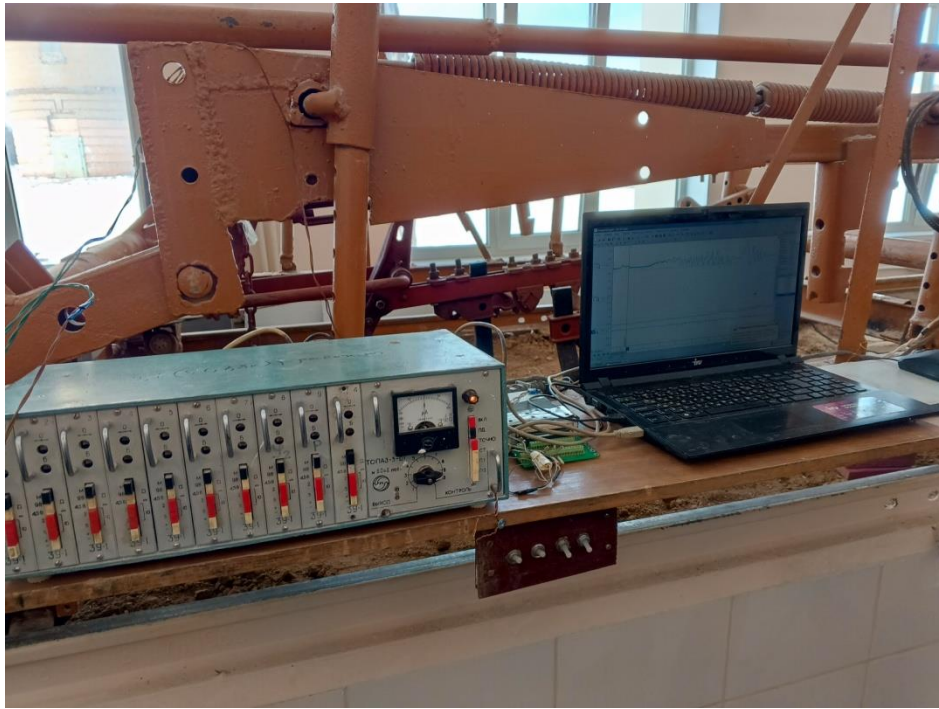


Рисунок 3.18-Приборы для измерения и записи

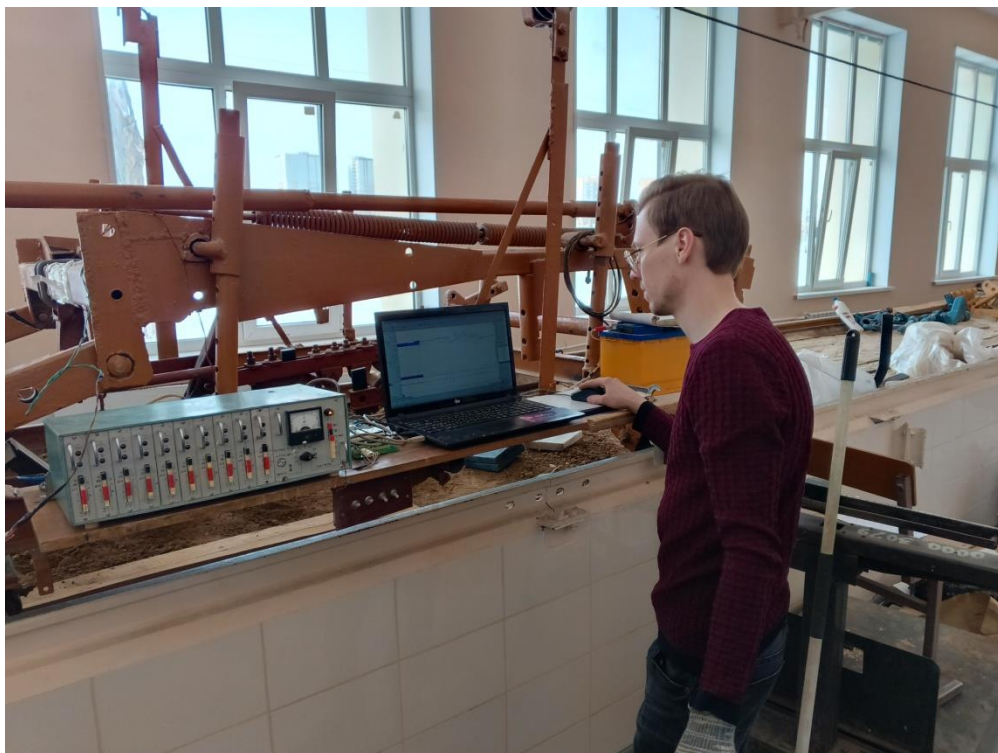


Рисунок 3.19-процесс настройки лабораторной установки.

Процесс подготовки к экспериментам состоял из нескольких стадий: Первоначально нами осуществлялось увлажнение грунта в канале затем его механическое рыхление до глубины 10 сантиметров и последующее выравнивание поверхности. После этого проводилась проверка

функциональности измерительно-регистрирующего оборудования и сопутствующего программного обеспечения (рисунок 3.19) [39].

В соответствии с методикой, которую предложил Рогов В.А. где: «изменение тягового сопротивления фиксировалось с помощью тензометрических звеньев (рисунок 3.20). Эти звенья состоят из тензометрических датчиков, выполненных в виде фольги, которые наклеиваются на специальную металлическую пластину. Пластина крепится к приводной тележке, а в проушину вставляется серьга, к которой прикреплѐн трос от лебедки тяговой подстанции. На обратной стороне тележки также устанавливается тензометрический датчик. Когда лабораторная установка начинает движение, тензометрические датчики фиксируют изменения напряжения, возникающие при изгибе пластины. Эти данные затем передаются на электронный модуль, который отправляет информацию на компьютер»[79,97].



Рисунок 3.20 – Датчики для определения тягового сопротивления.

Согласно Пери К.К., «процесс выбора и установки тензометрических датчиков проводился в соответствии с общепринятыми стандартами. Испытания полочных лап проводились на скоростях 6,8,10 км/ч. А так же проводились холостые прогоны для тарировки датчиков. На основе полученных данных были сделаны соответствующие формулы.

$$F_{\text{тл}} = F_{\text{тр}} - F_{\text{тх}},$$

где: $F_{\text{тл}}$ – тяговое сопротивление лап, Н; $F_{\text{тр}}$ – тяговое сопротивление секции культиватора при рабочем ходе, Н; $F_{\text{тх}}$ – тяговое сопротивление секции культиватора при холостом ходе, Н

Удельное тяговое сопротивление лапы

$$F_{\text{ту}} = \frac{F_{\text{тл}}}{n}, \text{ Н.}$$

где: n – количество лап на культиваторе (штук)»[76].

Соответствие стандартам, описанным в ГОСТе [18] было доказано в процессе полевых испытаний экспериментальных лап культиватора, которые были установлены на культиваторе модели КРН-4,2.

В ходе испытаний мы проверяли различные параметры, которые соответствуют указанным стандартам, что подтвердило их эффективность и надежность в реальных условиях работы. Этот процесс включал в себя оценку работы лап культиватора в различных почвенных условиях, что позволило выявить их способности и возможные недостатки. Результаты испытаний могут служить основой для дальнейших улучшений и оптимизации конструкции культиватора[19].

Исследования модернизированных лап проводились на опытном поле Волгоградского ГАУ при междурядной обработке посевов арбуза (рисунок 3.21).



Рисунок 3.21- Полольная лапа культиватора для обработки почвы.

В процессе обработки междурядий (рисунки 3.22-3.23) лапа культиватора движется в верхнем слое земли, подрезая сорные растения и взрыхляя почву.



Рисунок 3.22- Процесс обработки почвы рабочим органом.



Рисунок 3.23- Секция культиватора с модернизированными лапами

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Характеристика влажности почвы

При изучении влажности почвы в лабораторных условиях производился забор образцов почвы для изучения количества влаги в процентном содержании, после обработки почвы полольной лапой культиватора в зависимости от глубины взятия проб. На графике (рисунок 4.1) отображен подъем влажности почвы при увеличении глубины обработки, но начиная с 9 сантиметровой отметки глубины влажность стабилизируется.

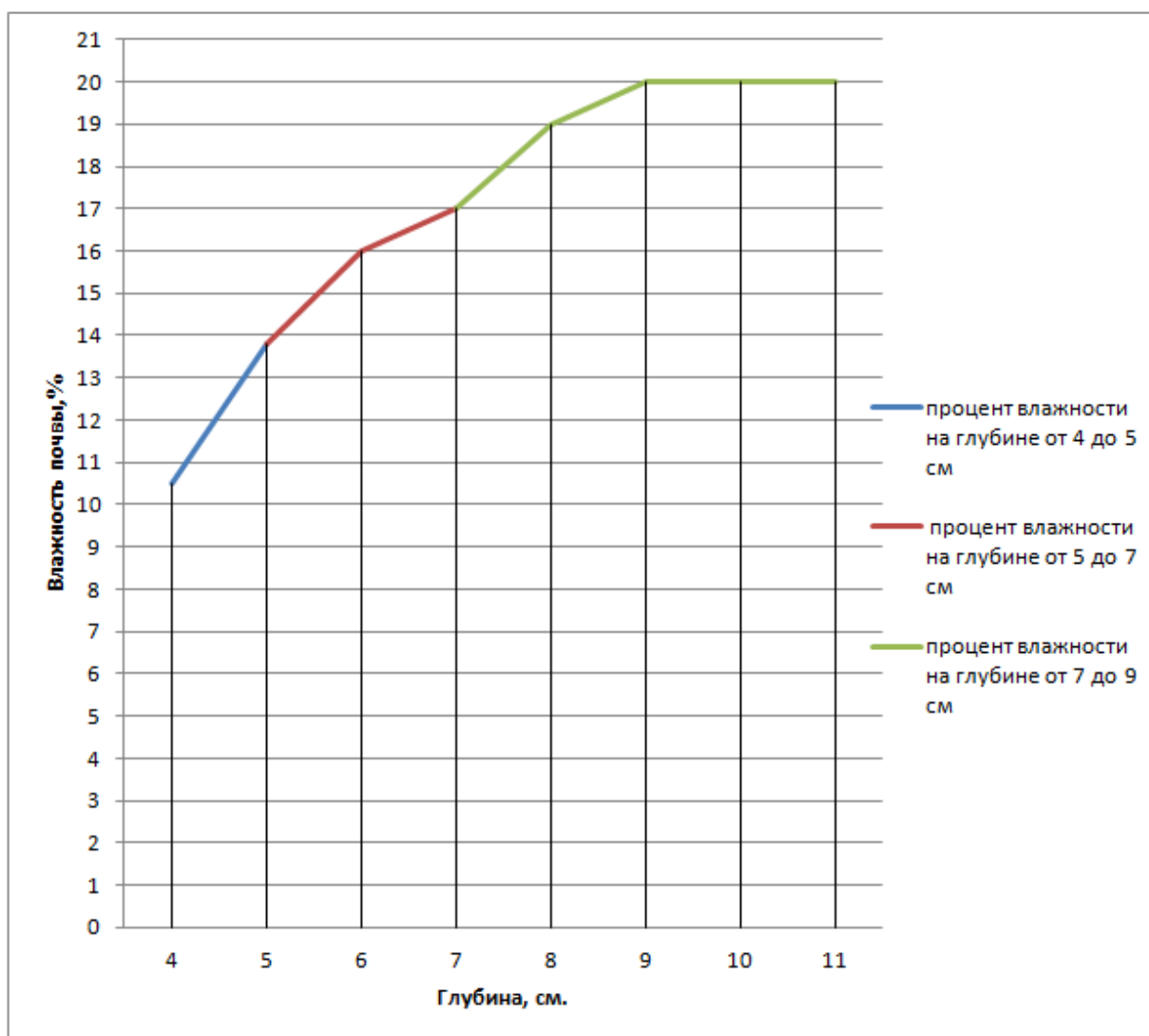


Рисунок 4.1-График изменения влажности почвы в зависимости от
глубины

Так в момент исследования влажности почвы в полевых условиях после использования уплотнителя нами были взяты образцы почвы для измерения содержания влаги в процентах, после обработки междурядья в зависимости от продолжительности дней при сравнении модернизированного рабочего органа и полольной лапы.

Рисунок 4.2 отчетливо показывает как меняется влажность почвы при применении разных рабочих органов на глубине начиная от 2 до 6 см.

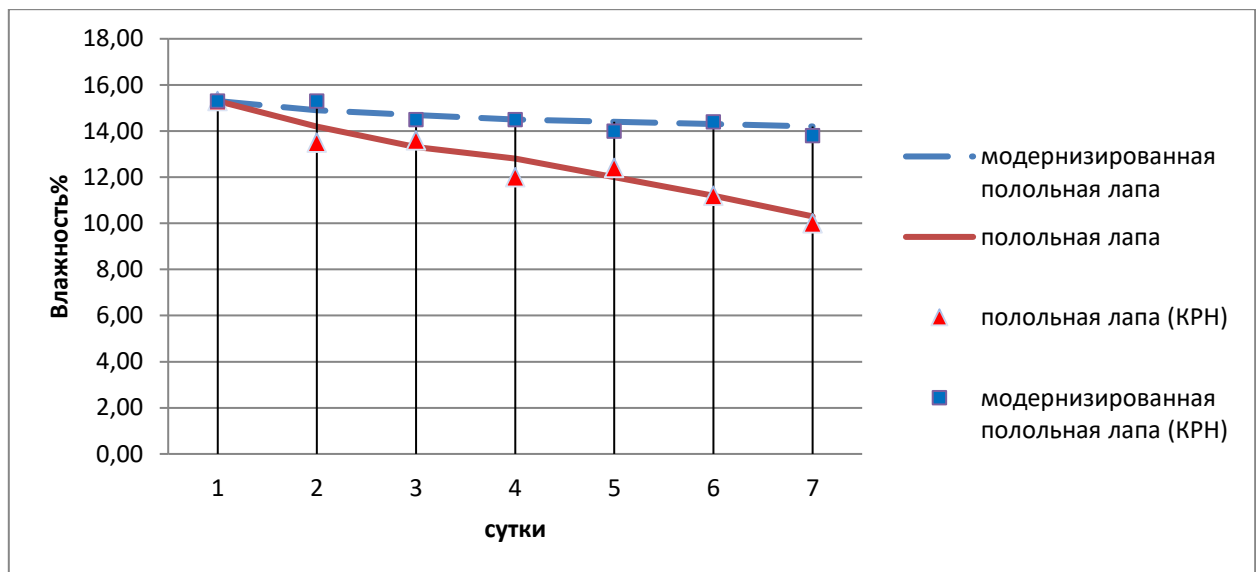


Рисунок 4.2- Зависимость снижения влажности в почве

Итак, нами были взяты размеры ширины от 1 до 4см с шагом в 1см. и высоты уплотнителя от 1см. до 2,5 с шагом 0,5 см, и проведены полевые испытания на глубине 6см и 8 см. На глубине 6см. с начальной влажностью почвы 15%, результаты испытаний отображены на графиках зависимости влажности от размеров уплотнителя (рисунки 4.3-4.14).

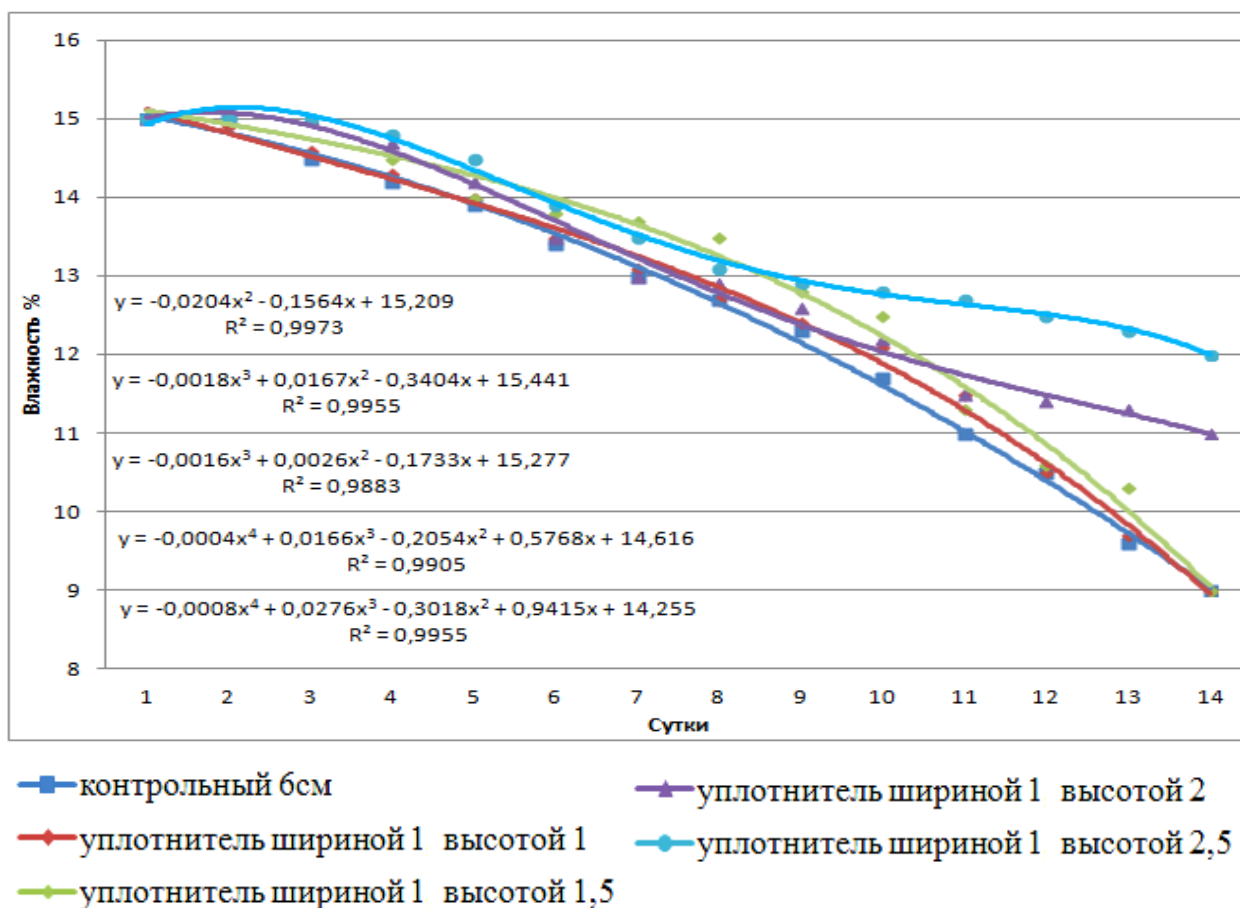


Рисунок 4.3- График изменения влажности при ширине уплотнителя 1 см. и различной его высоте на глубине обработки 6 см.

На стандартной лапе (контроль), изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0204x^2 - 0,1564x + 15,209, R^2 = 0,9973$;

У модернизированной полойной лапы с уплотнителем, изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 1 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид $y = -0,0018x^3 + 0,0167x^2 - 0,3404x + 15,441, R^2 = 0,9955$; для уплотнителя шириной 1 см. высотой 1.5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0016x^3 + 0,0026x^2 - 0,1733x + 15,277, R^2 = 0,9883$; шириной 1 см. высотой 2 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0004x^4 + 0,0166x^3 - 0,2054x^2 + 0,5768x + 14,616, R^2 = 0,9905$;

для уплотнителя шириной 1 см. высотой 2.5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0008x^4 + 0,0276x^3 - 0,3018x^2 + 0,9415x + 14,255, R^2 = 0,9955$.

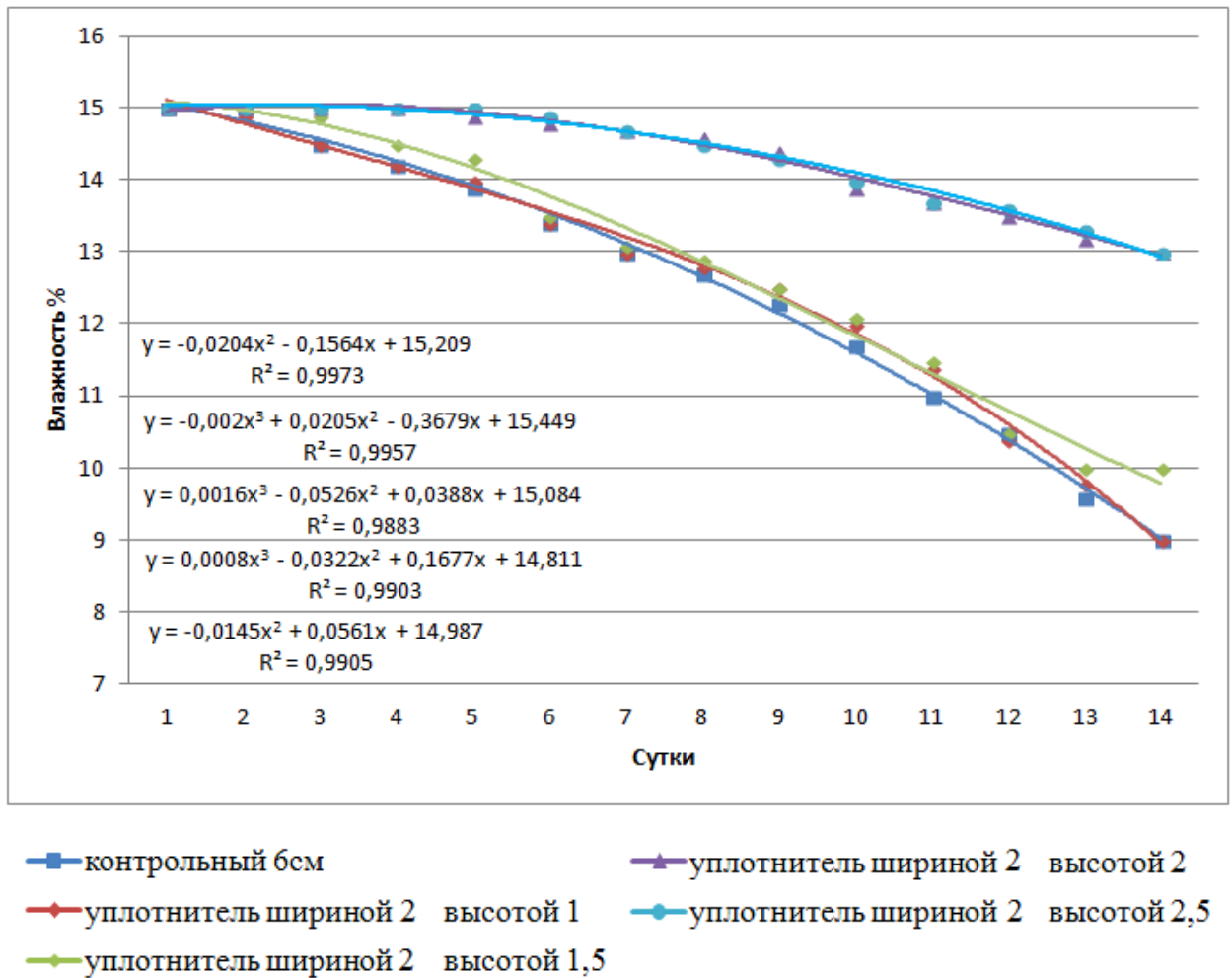


Рисунок 4.4 - График изменения влажности при ширине уплотнителя 2 см. и различной его высоте на глубине обработки 6см.

На стандартной лапе (контроль), изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0204x^2 - 0,1564x + 15,209$, $R^2 = 0,9973$;

У модернизированной полочной лапы с уплотнителем, изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 2 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,002x^3 + 0,0205x^2 - 0,3679x + 15,449$, $R^2 = 0,9957$; шириной 2 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0016x^3 - 0,0526x^2 + 0,0388x + 15,084$, $R^2 = 0,9883$; шириной 2 см. и высотой 2 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0008x^3 - 0,0322x^2 + 0,1677x + 14,811$, $R^2 = 0,9903$; шириной 2 см. и высотой 2,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0145x^2 + 0,0561x + 14,987$, $R^2 = 0,9905$.

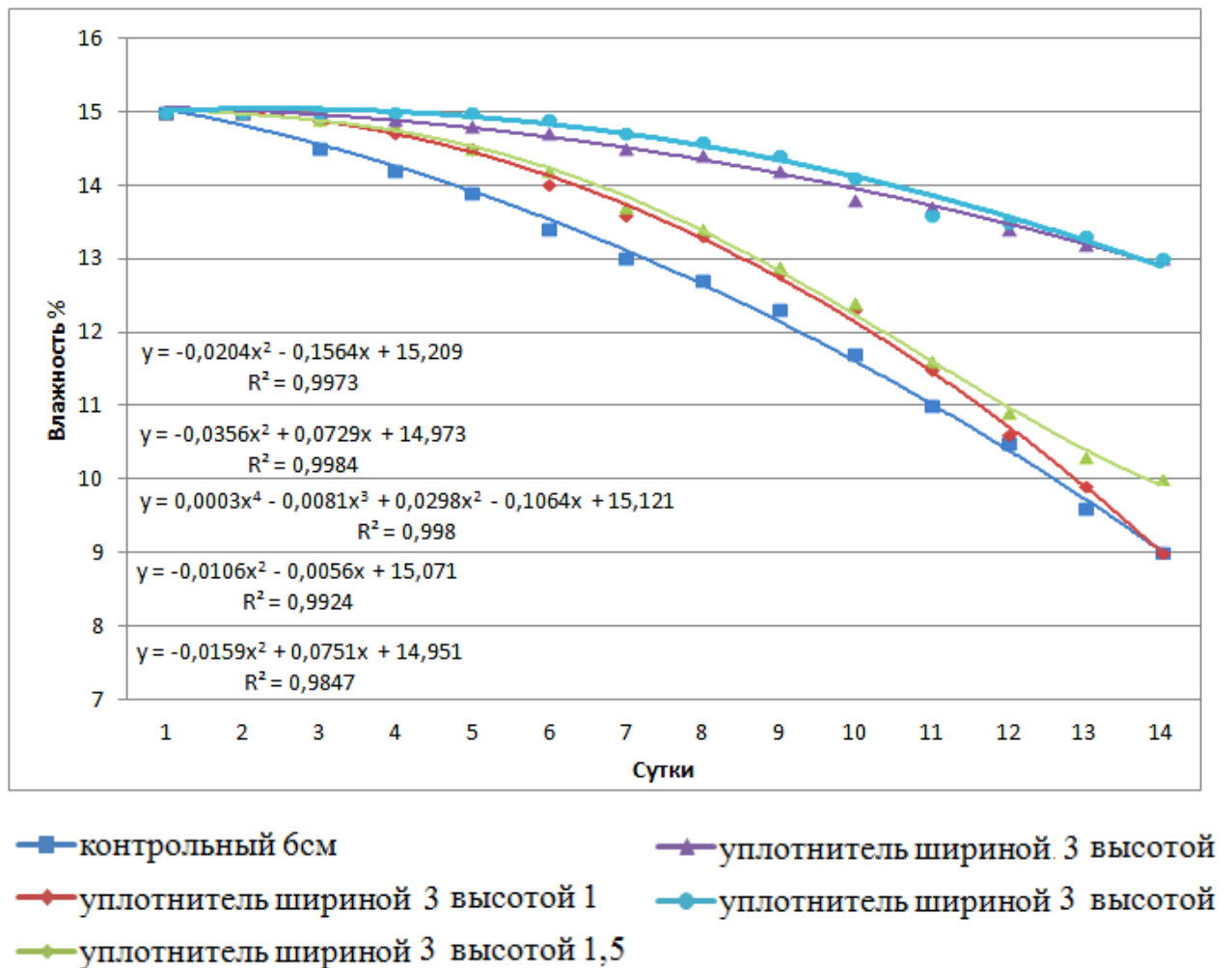
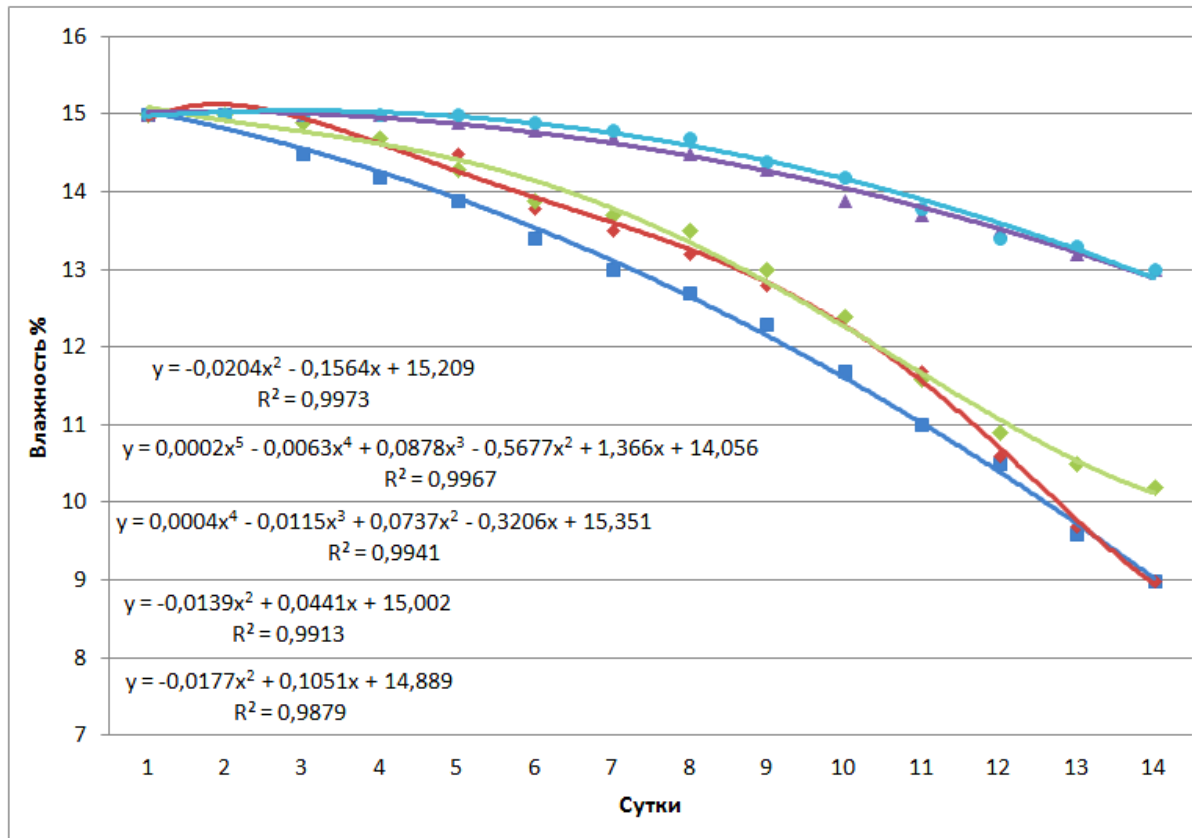


Рисунок 4.5- График изменения влажности при ширине уплотнителя 3см. и различной его высоте на глубине обработки 6см.

На стандартной лапе (контроль), изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0204x^2 - 0,1564x + 15,209, R^2 = 0,9973$;

У модернизированной полочной лапы с уплотнителем, лапы изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 3см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0356x^2 + 0,0729x + 14,973, R^2 = 0,9984$; шириной 3 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0003x^4 - 0,0081x^3 + 0,0298x^2 - 0,1064x + 15,121, R^2 = 0,998$; шириной 3см. и высотой 2 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0106x^2 - 0,0056x + 15,071, R^2 = 0,9924$; шириной 3см. и высотой 2,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0159x^2 + 0,0751x + 14,951, R^2 = 0,9847$.



—■— контрольный бсм
 —◆— уплотнитель шириной 4 высотой 1
 —▲— уплотнитель шириной 4 высотой 1,5
 —▲— уплотнитель шириной 4 высотой 2
 —●— уплотнитель шириной 4 высотой 2,5

Рисунок 4.6- График изменения влажности при ширине уплотнителя 4см. на глубине 6см.

На стандартной лапе (контроль) , изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0204x^2 - 0,1564x + 15,209, R^2 = 0,9973$;

У модернизированной полочной лапы с уплотнителем, изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 4 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0002x^5 - 0,0063x^4 + 0,0878x^3 - 0,5677x^2 + 1,366x + 14,056, R^2 = 0,9967$; шириной 4 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0004x^4 - 0,0115x^3 + 0,0737x^2 - 0,3206x + 15,351, R^2 = 0,9941$; шириной 4 см. и высотой 2 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0139x^2 + 0,0441x + 15,002, R^2 = 0,9913$; шириной 4 см. и высотой 2,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0177x^2 + 0,1051x + 14,889, R^2 = 0,9879$.

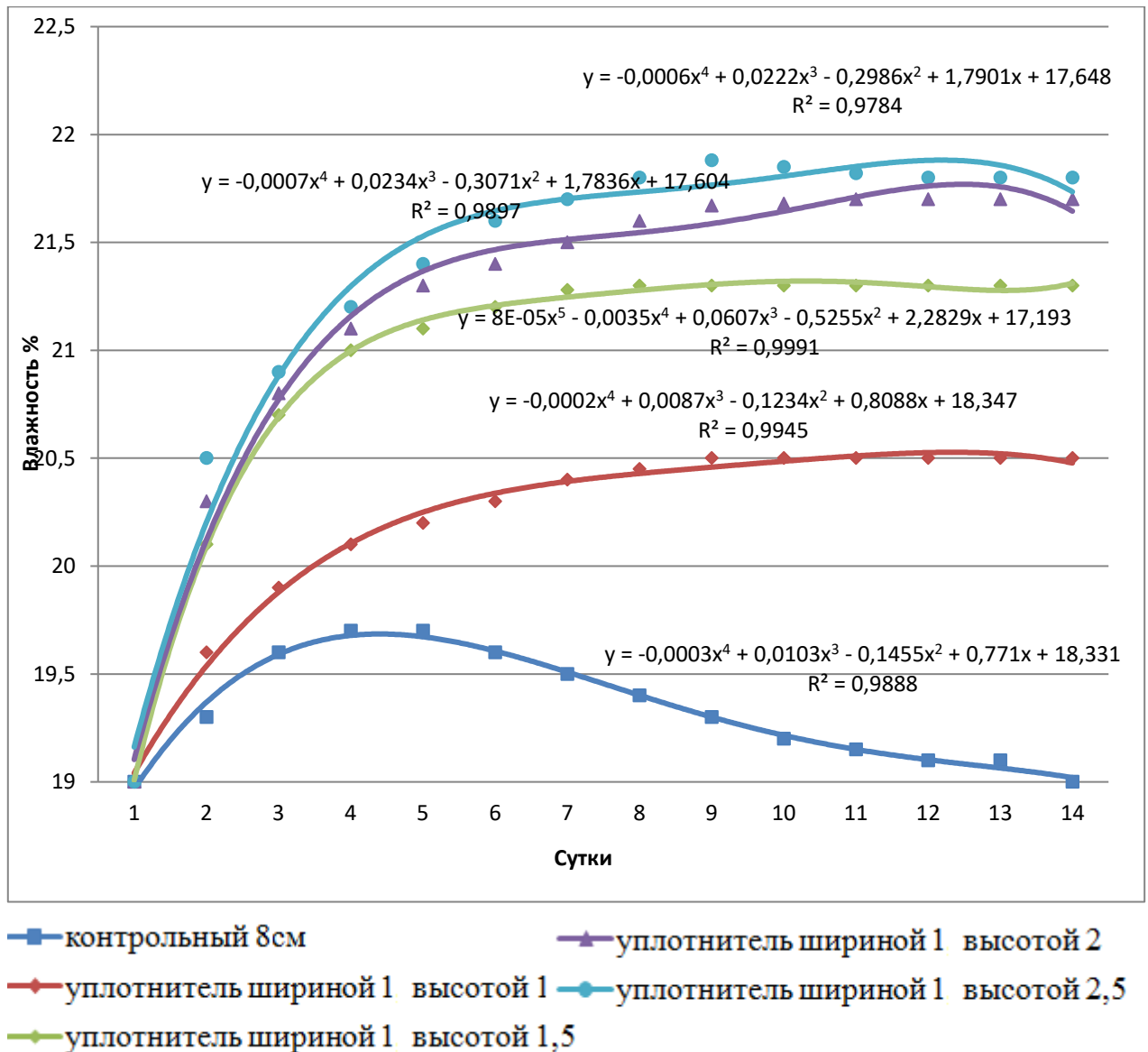
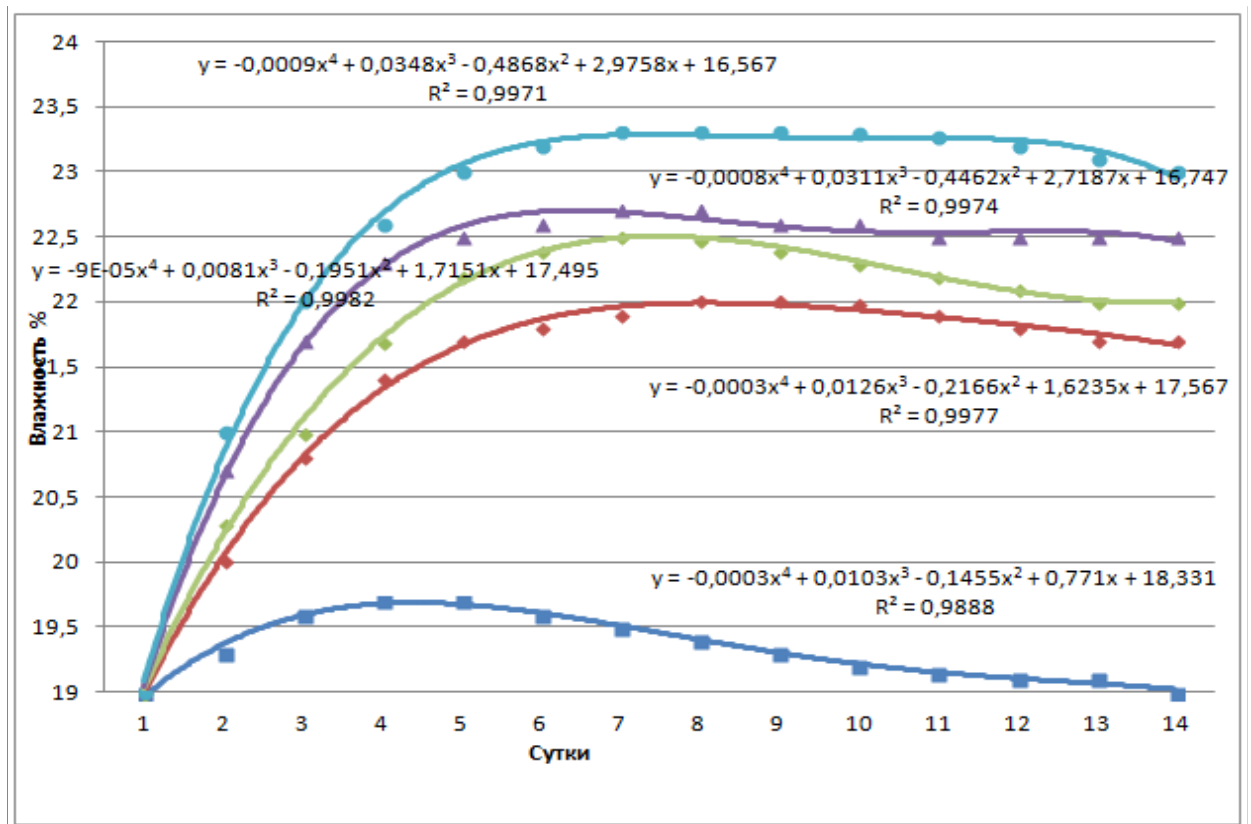


Рисунок 4.7- График изменения влажности при ширине уплотнителя 1см. на глубине 8см.

На контрольной полойной лапе являющейся стандартной, изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0003x^4 + 0,0103x^3 - 0,1455x^2 + 0,771x + 18,331$, $R^2 = 0,9888$; для лапы с уплотнителем изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 1 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0002x^4 + 0,0087x^3 - 0,1234x^2 + 0,8088x + 18,347$, $R^2 = 0,9945$; шириной 1 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = 8E-05x^5 - 0,0035x^4 + 0,0607x^3 - 0,5255x^2 + 2,2829x + 17,193$, $R^2 = 0,9991$; шириной 1 см. и высотой 2 см. уравнение будет иметь вид:

$y = -0,0007x^4 + 0,0234x^3 - 0,3071x^2 + 1,7836x + 17,604, R^2 = 0,9897$; шириной 1 см. и высотой 2,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0006x^4 + 0,0222x^3 - 0,2986x^2 + 1,7901x + 17,648, R^2 = 0,9784$.

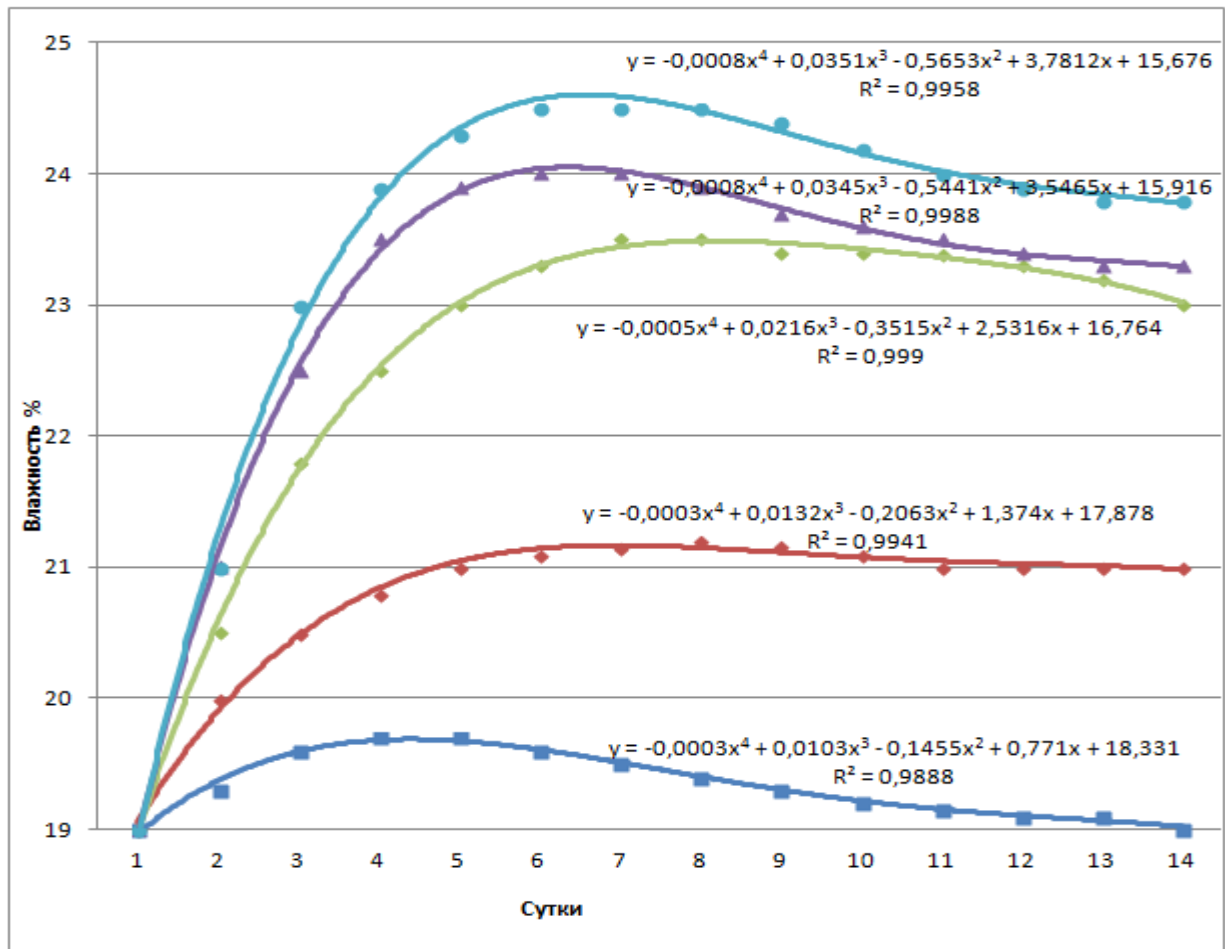


—■— контрольный 8см
 —◆— уплотнитель шириной 2 высотой 1
 —◆— уплотнитель шириной 2 высотой 1,5
 —▲— уплотнитель шириной 2 высотой 2
 —●— уплотнитель шириной 2 высотой 2,5

Рисунок 4.8- График изменения влажности при ширине уплотнителя 2 см. на глубине 8см.

На контрольной полочной лапе являющейся стандартной, изменение влажности описывается следующими уравнениями $y = -0,0003x^4 + 0,0103x^3 - 0,1455x^2 + 0,771x + 18,331, R^2 = 0,9888$; для лапы с уплотнителем изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 2 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0042x^3 - 0,1343x^2 + 1,3258x + 17,858, R^2 = 0,9946$; шириной 2 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0054x^3 - 0,1693x^2 + 1,6216x + 17,587, R^2 = 0,998$; шириной 2 см. и высотой 2см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0008x^4 + 0,0311x^3 - 0,4462x^2 + 2,7187x$

+ 16,747, $R^2 = 0,9974$; шириной 2см. и высотой 2,5см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0009x^4 + 0,0348x^3 - 0,4868x^2 + 2,9758x + 16,567$, $R^2 = 0,9971$.



- контрольный 8см
- ◆ уплотнитель шириной 3 высотой 1
- ◆ уплотнитель шириной 3 высотой 1,5
- ◆ уплотнитель шириной 3 высотой 2
- ◆ уплотнитель шириной 3 высотой 2,5

Рисунок 4.9- График изменения влажности при ширине уплотнителя 3см. на глубине 8см.

На контрольной полочной лапе являющейся стандартной , изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0003x^4 + 0,0103x^3 - 0,1455x^2 + 0,771x + 18,331$, $R^2 = 0,9888$; для лапы с уплотнителем изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 3 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = 0,0039x^3 - 0,1152x^2 + 1,0447x + 18,2$, $R^2 = 0,9862$; шириной 3 см. и высотой 1,5см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0005x^4 + 0,0216x^3 - 0,3515x^2 + 2,5316x + 16,764$, $R^2 = 0,999$; шириной 3 см. и высотой 2см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0008x^4 + 0,0345x^3 -$

$0,5441x^2 + 3,5465x + 15,916, R^2 = 0,9988$; шириной 3 см. и высотой 2,5см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0008x^4 + 0,0351x^3 - 0,5653x^2 + 3,7812x + 15,676, R^2 = 0,9958$.

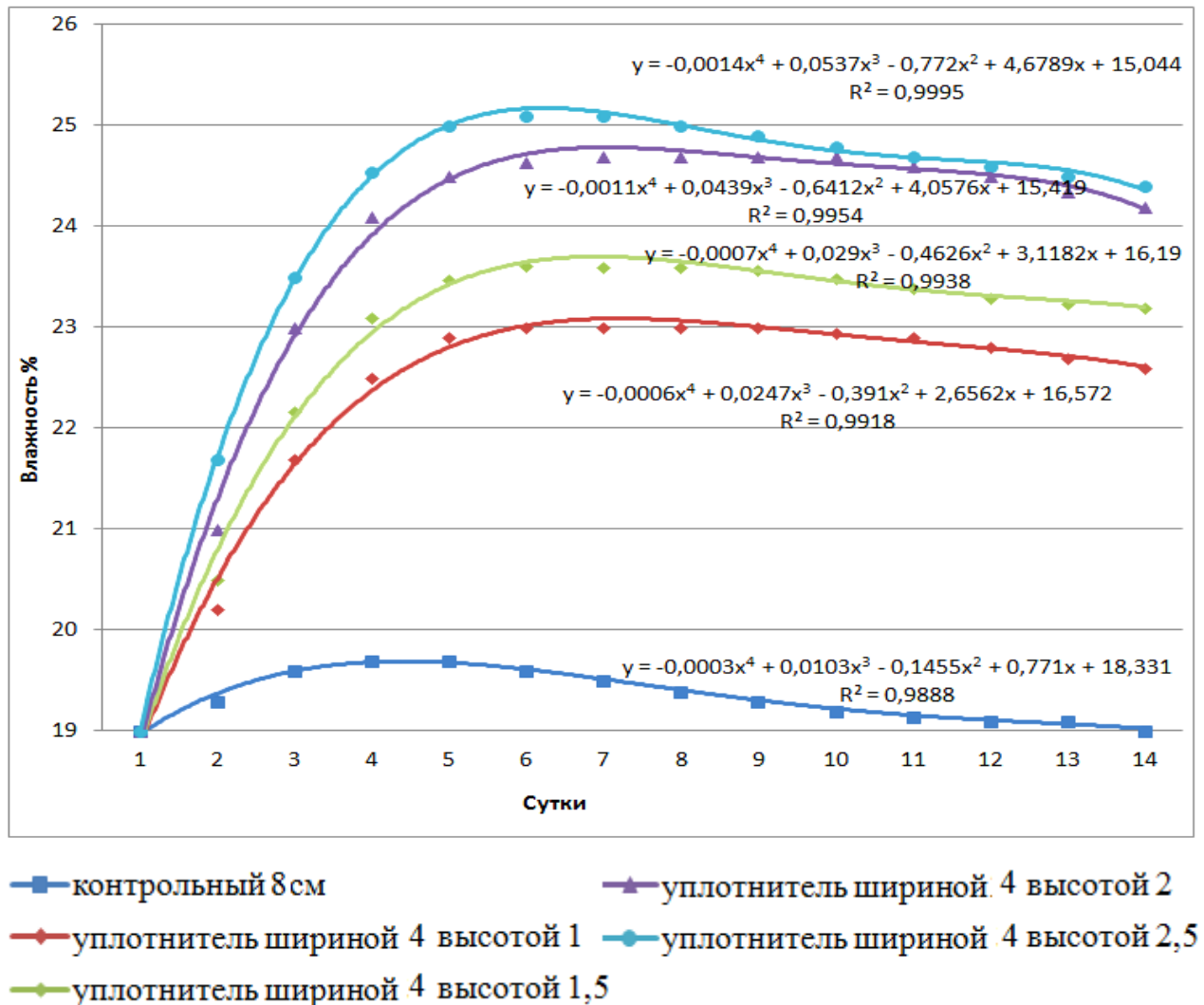


Рисунок 4.10- График изменения влажности при ширине уплотнителя 4 см. на глубине 8 см.

На контрольной полойной лапе являющейся стандартной, изменение влажности описывается следующими уравнениями: $y = -0,0003x^4 + 0,0103x^3 - 0,1455x^2 + 0,771x + 18,331, R^2 = 0,9888$; для лапы с уплотнителем изменение влажности описываются следующими уравнениями: шириной 4 см. и высотой 1 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0006x^4 + 0,0247x^3 - 0,391x^2 + 2,6562x + 16,572, R^2 = 0,9918$; шириной 4 см. и высотой 1,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0007x^4 + 0,029x^3 - 0,4626x^2 + 3,1182x + 16,19, R^2 = 0,9938$; шириной 4 см. и высотой 2 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0011x^4 + 0,0439x^3 -$

$0,6412x^2 + 4,0576x + 15,419$, $R^2 = 0,9954$; шириной 4см. и высотой 2,5 см. уравнение будет иметь вид: $y = -0,0014x^4 + 0,0537x^3 - 0,772x^2 + 4,6789x + 15,044$, $R^2 = 0,9995$ »[56].

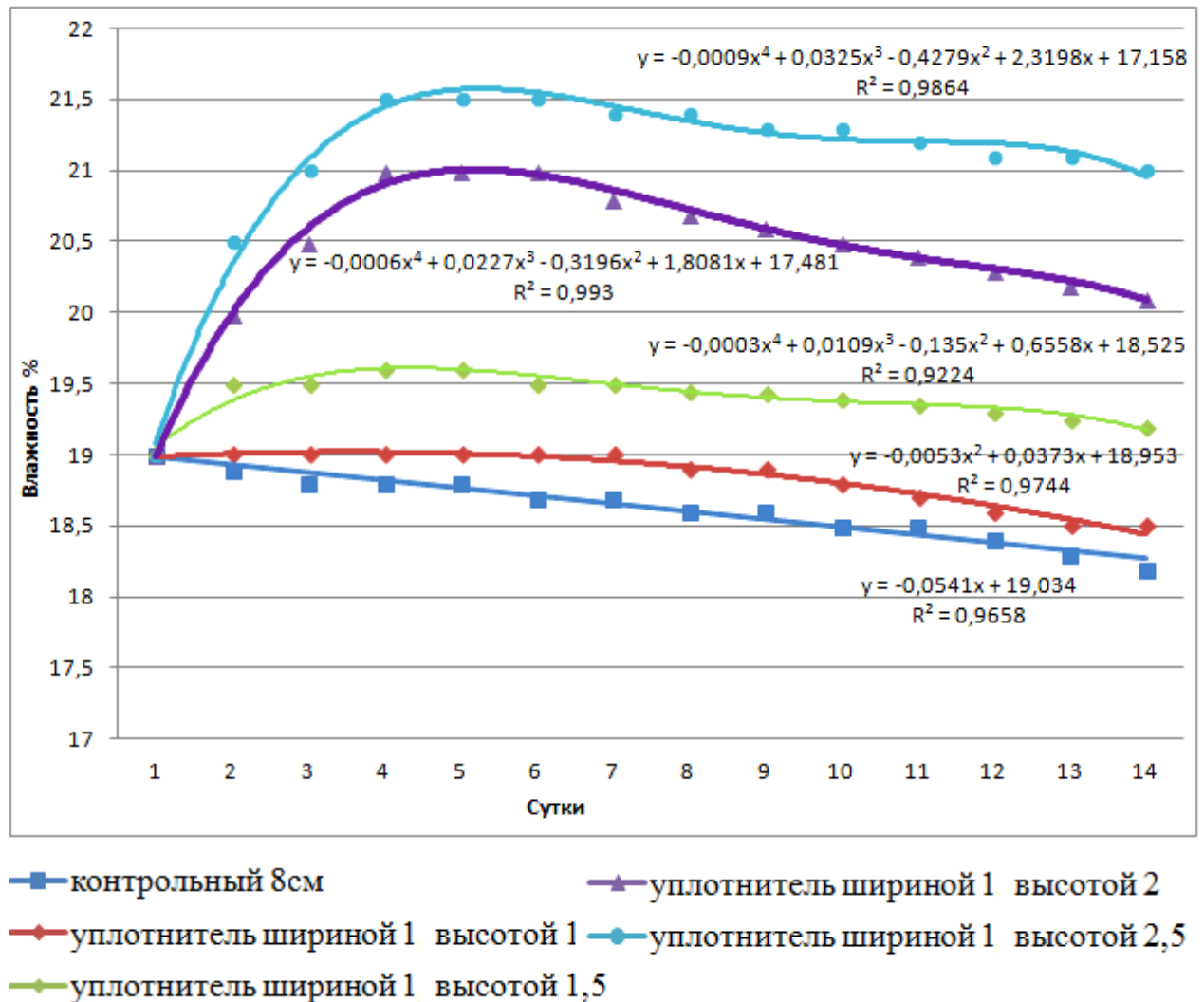


Рисунок 4.11-График изменения влажности почвы в рядке после между рядной обработки при ширине уплотнителя 1 см.

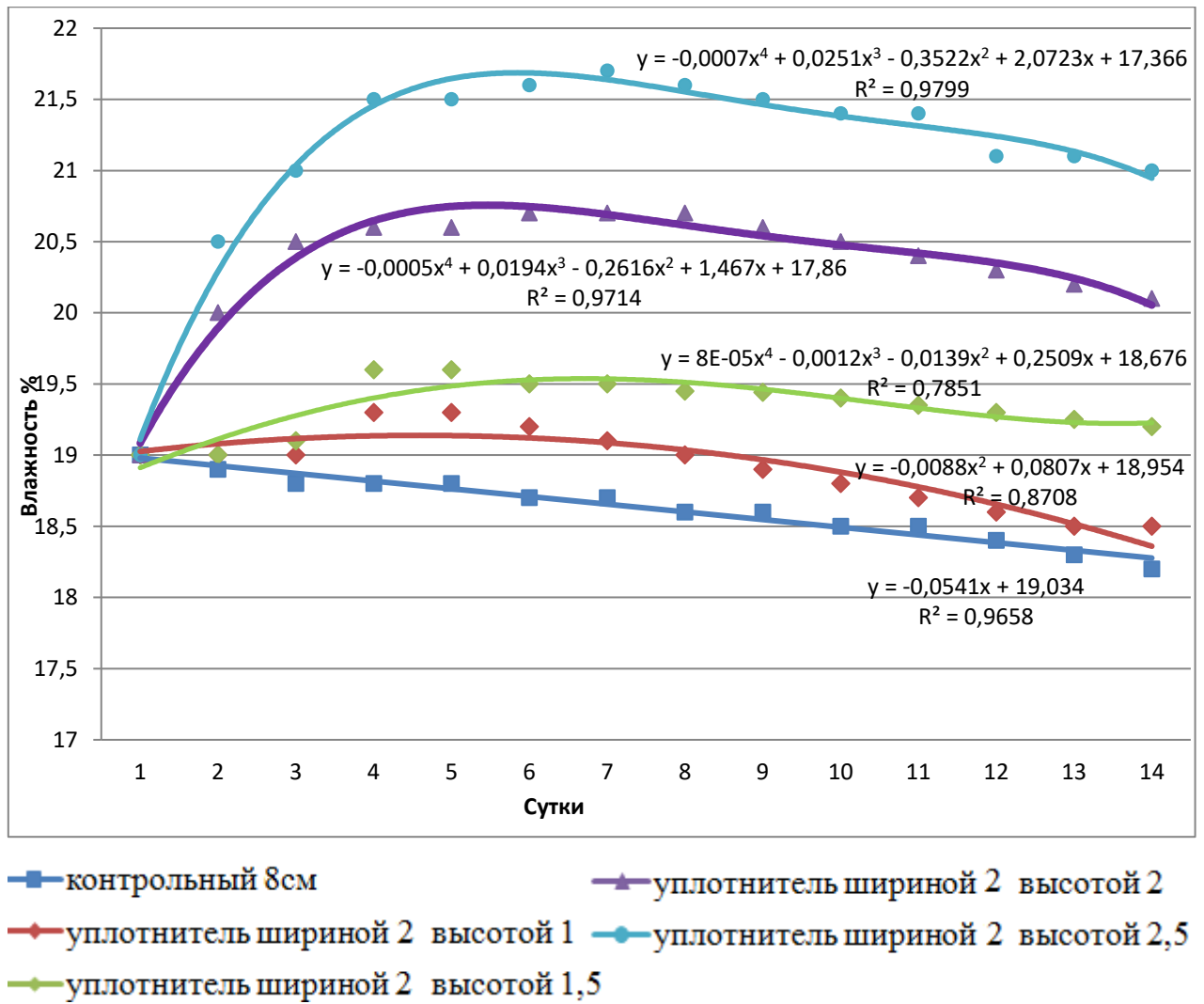


Рисунок 4.12-График изменения влажности почвы в ряду после между рядной обработки при ширине уплотнителя 2 см.

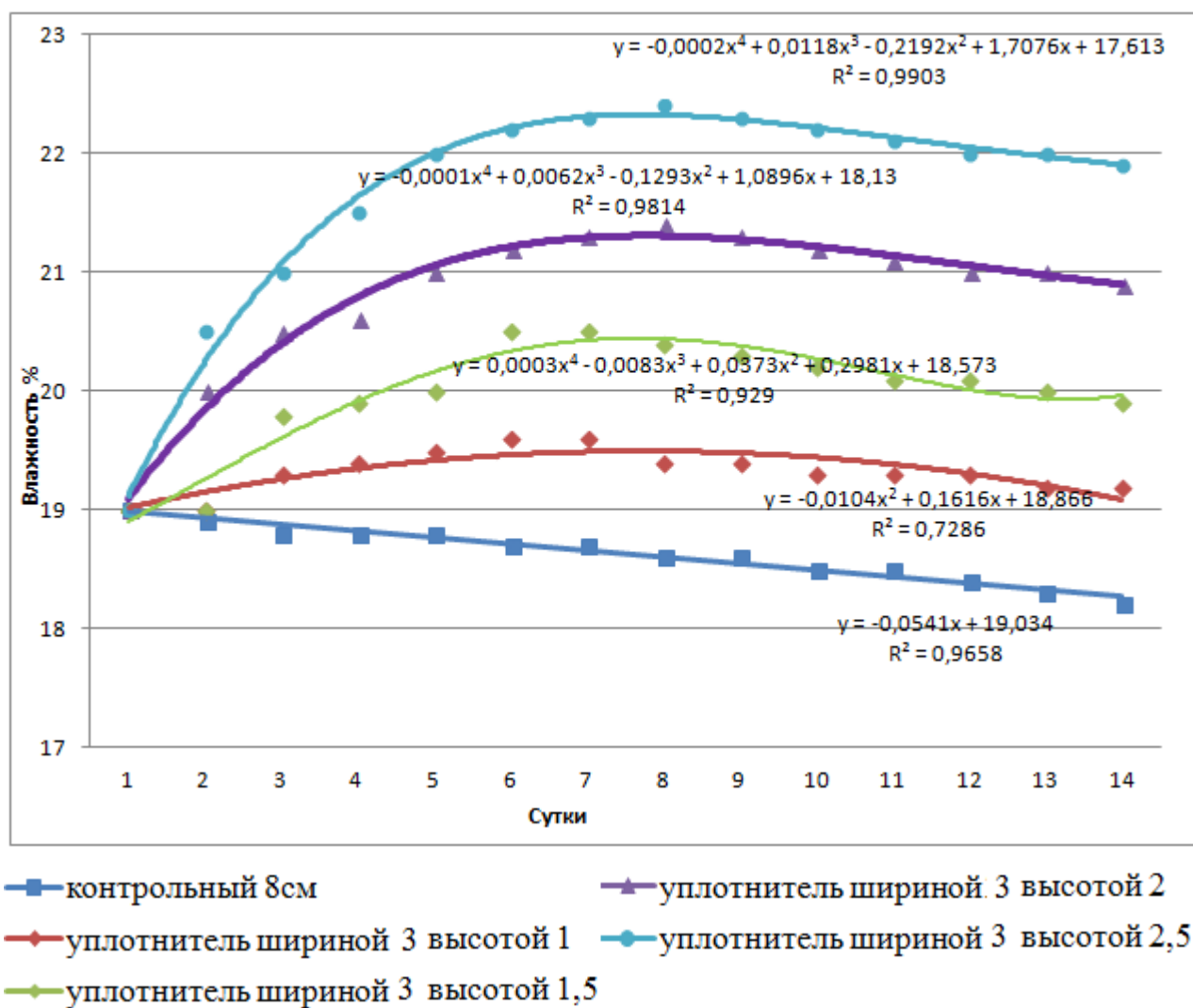


Рисунок 4.13-График изменения влажности почвы в рядке после между рядной обработки при ширине уплотнителя 3 см

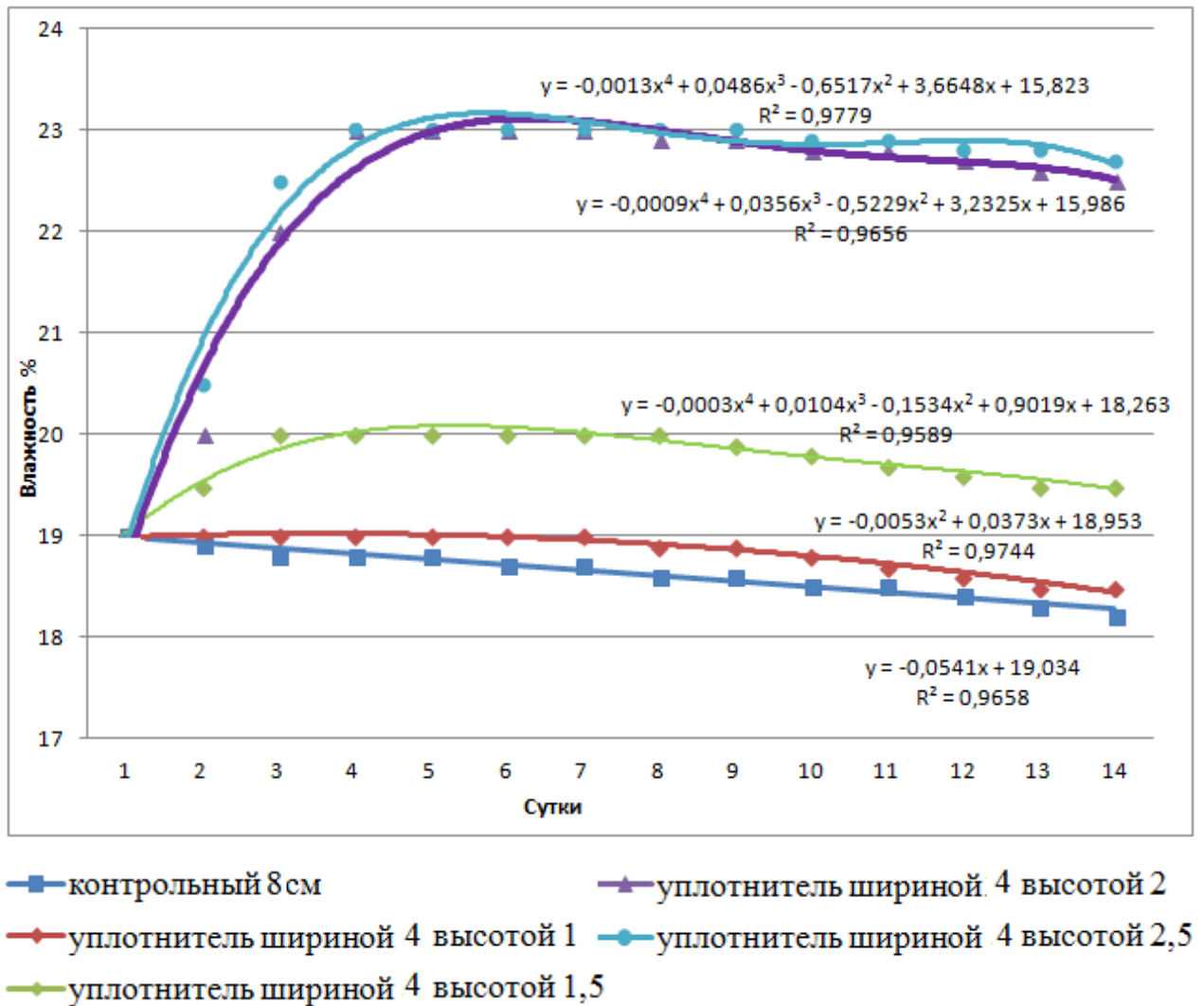


Рисунок 4.14-График изменения влажности почвы в рядке после между рядной обработки при ширине уплотнителя 4 см.

4.2 Определение плотности почвы

На рисунке 4.15 мы можем наблюдать сравнение плотности почвы после использования полольной лапы и модернизированной полольной лапы культиватора. Повышение плотности почвы на глубине от 7 до 9 см. является следствием использования уплотнителя высотой 2 см.

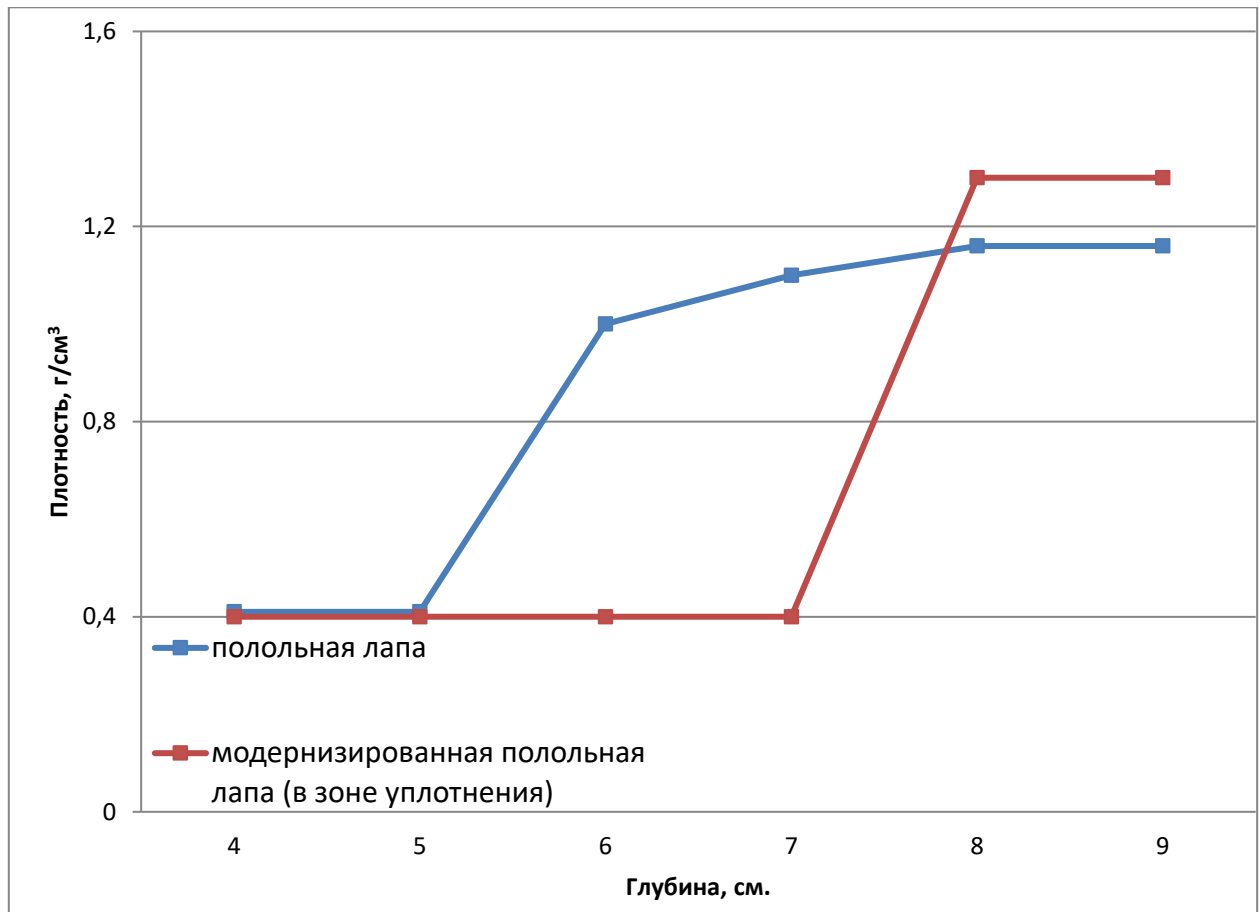


Рисунок 4.15- График уплотнения почвы

4.3. Определение коэффициентов трения движения почвы

Изменчивость коэффициентов трения при движении уплотнителя по почве невелика.

Анализируя результаты исследования зависимости коэффициентов трения движения (рисунок 4.16), покоя светло-каштановой почвы по стали от влажности почвы, можно сделать вывод что в предложенной влажности от 14% до 18% коэффициент трения покоя находится в пределах от 0,578 до 0,638, а коэффициент трения движения 0,677 до 0,75.

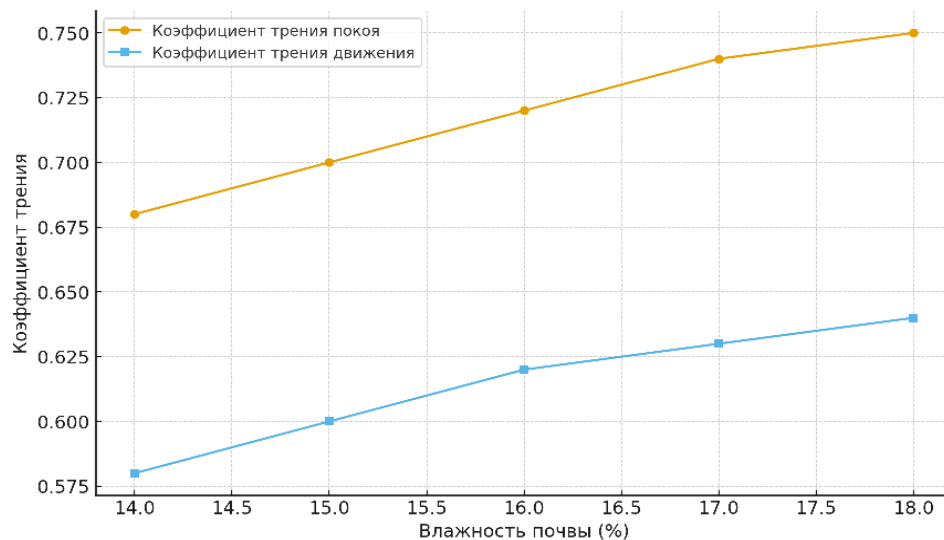


Рисунок 4.16 Зависимость коэффициентов трения от влажности почвы

4.4. Определение параметров уплотнителя

При определении параметров уплотнителя мы учитывали свойства почвы и особенности развития растений. Так как угол трения светло-каштановых почв о сталь составляет $14-28^{\circ}$, то $\alpha_{уп} < \varphi_{тр}$. Длина уплотнителя задается конструктивными особенностями лапы бритвы и принимается равной 6см. Поэтому минимальную и максимальную высоты уплотнителя можно определить геометрически.

Геометрические размеры уплотнителя мы определяли следующим образом: длина 6 см является конструктивной шириной лезвия полочной лапы, высота и ширина была определена экспериментально, целью проведенных исследований для нас являлась максимальное удержание влаги в течении 14 дней с момента обработки и подтягивание капиллярной влаги, при минимальной площади уплотнителя. Носок тела заострён вверх в виде клина под углом равным углу трения почвы о сталь, является от 14° до 42° . Для светло-каштановой почвы влажностью не более 20% отлично подходит угол равный $20-25^{\circ}$.

Основными параметрами уплотнителя оказывающего воздействие на почву и длительность сохранения влаги является высота, ширина уплотнителя и угол наклона его носка. Поэтому нами были проведены исследования по

деформации почвы различными объектами с разными геометрическими формами. Для проведения опыта нами была подготовлена почва с влажностью 15-17% в прозрачной емкости, далее с шагом в 1 см. были сделаны ровные полосы белым порошком, который способен передавать деформацию почвы при погружении в нее исследуемых объектов. Так на рисунке 4.17 мы наблюдаем как действует на почву прямоугольное тело шириной 2 см., погруженное на глубину 3 см. Так линия 1 сместилась на 2 см. линия 2 сместилась на 1 см. а линия 3 на 0.5 см вниз, так же заметна и деформация почвы в стороны под углом в 45° . Все это дает нам понять что основная зона уплотнения между линиями 2 и 3 и равна 1 см.



Рисунок 4.17- Деформация почвы при погружении прямоугольного тела

Далее на рисунке 4.18 мы проверили как воздействует на почву треугольное, клиновидное тело. Острый угол почти не деформирует почву под собой, так же верхняя часть имеющая 90° относительно пятки данного тела, тоже не меняет положения линий, а вот нижняя часть имеющая наклон деформирует почву под собой.

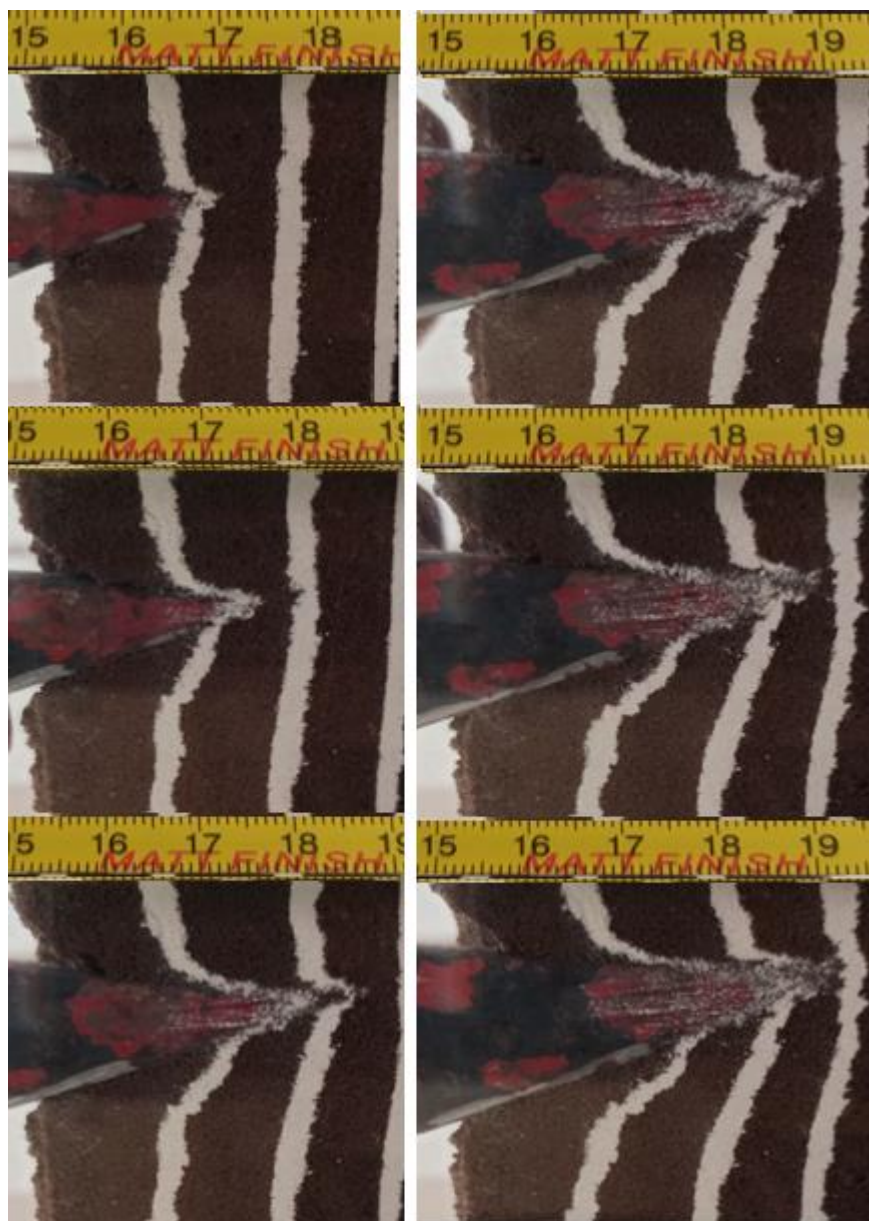


Рисунок 4.18 - Воздействие на почву треугольного тела.

Используя формулу $h = l \cdot \tan(\alpha_{\text{уп}})$ и учитывая углы $\alpha_{1\text{уп}} = 20^\circ$ $\alpha_{2\text{уп}} = 25^\circ$, определим значения высоты уплотнителя $h_{\text{min}} = 2,18\text{см}$ и $h_{\text{max}} = 2,8\text{см}$. Так как боковые корни бахчевых культур формируются на глубине 2...3 см ниже уровня посева, то целесообразно принять высоту уплотнителя 2 см.

4.5 Оптимизация конструктивных параметров уплотнителя

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что угол носка, ширина и высота уплотнителя являются доминирующими параметрами, определяющими интенсивность уплотнения почвы.

В последующих исследованиях ставилась задача выявить оптимальные

значения конструктивных параметров уплотнителя.

Для анализа области оптимальных размеров был разработан и реализован трехфакторный экспериментальный план по методологии Рехтшафнера. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1-5. Приложения.

Для данных факторов назначены уровни и интервалы варьирования (таблица 4.5.1).

Таблица 4.5.1 – Факторы, их уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования, ε
	0	–1	+1	
x_1 – высота уплотнителя ($h_{\text{упл.}}$), мм	20	15	25	5
x_2 – ширина уплотнителя ($b_{\text{упл.}}$), мм	32	24	40	8
x_3 – угол наклона носка ($\alpha_{\text{уп.}}$), град.	22,5	20	25	2,5

На этапе лабораторно-полевых исследований в качестве выходного показателя была принято увеличение влажности почвы уплотненной зоны ΔW , %.

В результате расчетов получены уравнения регрессии в кодированном виде:

$$Y_{\Delta W} = 22,3 - 2,6x_2 + 0,7x_3 - 0,1x_1x_2 + 0,2x_1x_3 - 0,3x_2x_3 - 6,6x_1^2 - 4,1x_2^2 - 3,3x_3^2, \quad (4.1)$$

Адекватность полученных математических моделей проверялась по критерию Фишера:

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S^2(y)}, \quad (4.2)$$

где: $S^2(y) = \left(\sum_1^N \sum_1^n [y_{iq} - y_i]^2 \right) / N(n - 1)$ - дисперсия ошибки опыта;

$S_{\text{ад}}^2 = n \sum_1^N (\bar{y}_i - y_i)^2 / (N - [k + 1])$ – дисперсия неадекватности модели,

здесь: y_i – случайная величина, рассчитанная по математической зависимости;

–

$\bar{y}_i$ – среднеарифметическое значение случайной величины; y_{iq} – значение i -ой величины в q -том опыте; n – число повторностей опыта; N – число строк

матрицы плана; k – число факторов.

Результаты расчетов $S_{ад}^2$ и $S^2(y)$ представлены в табл. П. 2.

Получено, что «при исследовании усилия резания $F = 0,969$, то есть $F_{0,05} > F$ (здесь $F_{0,05} = 2,599$ – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 5 %)). Таким образом, математические модели адекватны результатам эксперимента» [60].

С помощью предложенной программы были определены оптимальные значения факторов, табл.4.5.2.

Таблица 4.5.2 – Оптимальные значения факторов

Фактор	Оптимальные значения факторов
x_1 – высота уплотнителя($h_{упл.}$), мм	$\frac{0}{20}$
x_2 – ширина уплотнителя($b_{упл.}$), мм	$-\frac{0,32}{30,4}$
x_3 – угол наклона носка($\alpha_{уп.}$), град.	$\frac{0,12}{22,8}$

Примечание: в числителе – в кодированном виде, в знаменателе – в раскодированном виде.

Для целей анализа и упорядочивания, полученная математическая модель второго порядка была преобразована к стандартной канонической форме. Расчеты произведенные на ПК, опирались на методику, предложенную Фигурновым В.Э., «с помощью которой получены коэффициенты регрессии в канонической форме B_{11} , B_{22} , B_{33} и значения критерия оптимизации в оптимальной точке Y_s .

Уравнения регрессии (1), представленное в канонической форме, имеют вид:

$$Y_{\Delta W_{\text{опт}}} - 22,7 = -6,6X_1^2 - 4,1X_2^2 - 3,3X_3^2, \quad (4.3)$$

Поскольку все коэффициенты при квадратных членах имеют отрицательные знаки, то поверхности откликов, описанные уравнением (4.1), представляют не что иное, как трехмерные параболоиды с координатами

центров поверхностей в оптимальных значениях факторов [97].

При рассмотрении двумерного сечения поверхностей отклика по уравнению регрессии (2), относительно высоты уплотнителя (x_1) и ширины уплотнителя (x_2), фактор угла наклона носка находился на оптимальном значении $x_3 = 0,12$ » [97].

Результаты расчетов приведены в табл. П. 3 и графически представлены на рисунке 4.15.

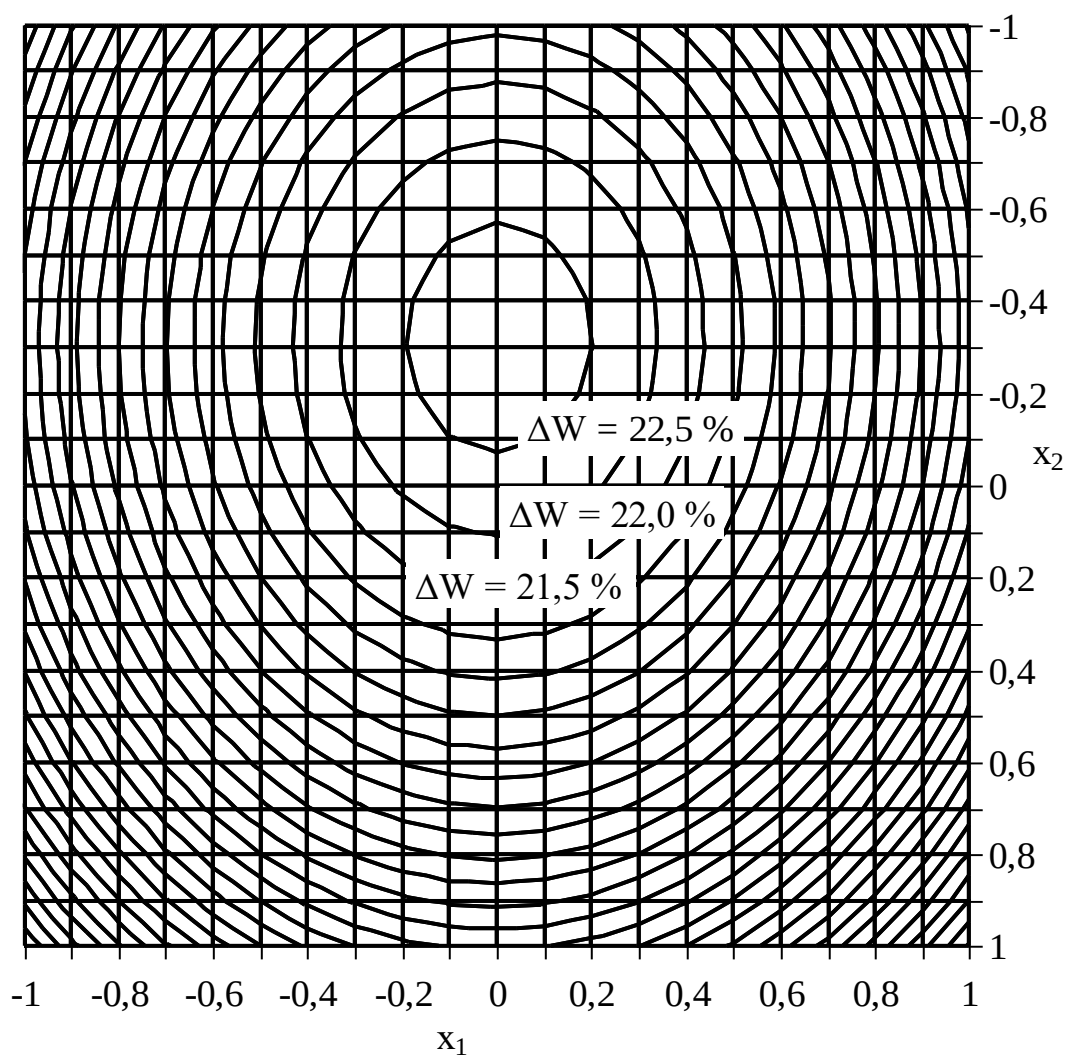


Рисунок 4.19 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_1 и x_2 при $x_3 = 0,13$ на увеличение влажности почвы уплотненной зоны, %

Могут быть рекомендованы следующие оптимальные значения факторов: $x_1 = -0,1 \dots 0,1$ и $x_2 = -0,5 \dots -0,2$.

«При рассмотрении двумерного сечения поверхностей отклика по уравнению регрессии (4.1), относительно высоты уплотнителя (x_1) и угла

наклона носка (x_3), фактор ширины уплотнителя фиксировался на оптимальном значении $x_2 = -0,32$.»[97]

Результаты расчетов приведены в табл. П. 4 и графически представлены на рисунок 4.20.

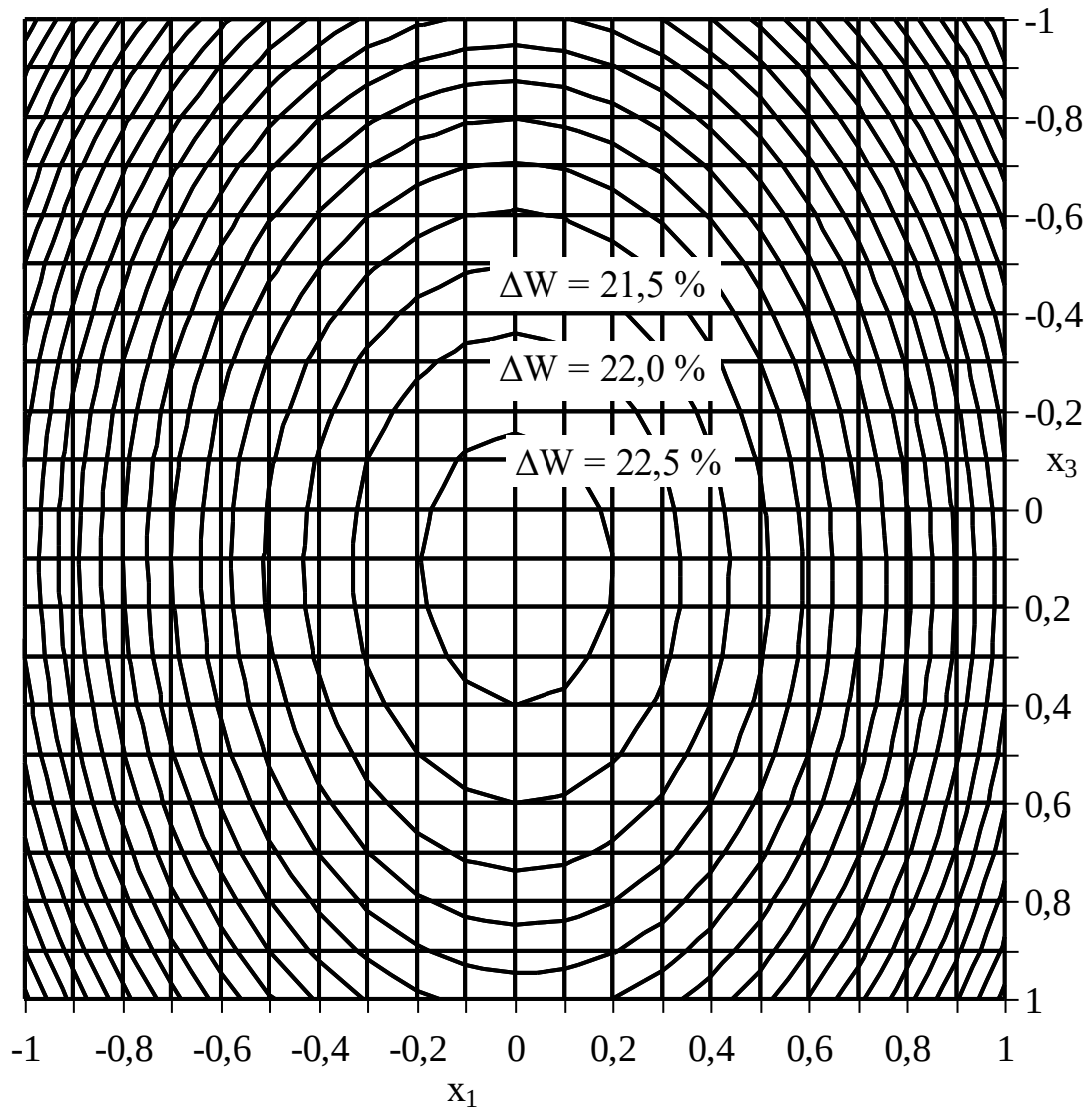


Рисунок 4.20 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_1 и x_3 при $x_2 = -0,32$ на увеличение влажности почвы уплотненной зоны, %

Для достижения наилучших результатов рекомендуется придерживаться следующих оптимальных значений факторов: $x_1 = -0,1 \dots 0,1$ и $x_3 = 0 \dots 0,3$.

«При рассмотрении двумерного сечения поверхностей отклика по уравнению регрессии (1), относительно ширины уплотнителя (x_2) и угла

наклона носка (x_3), фактор высота уплотнителя фиксировался на оптимальном значении $x_1 = 0$ » [97].

Результаты расчетов приведены в табл. П. 5 и графически представлены на рисунок 4.21.

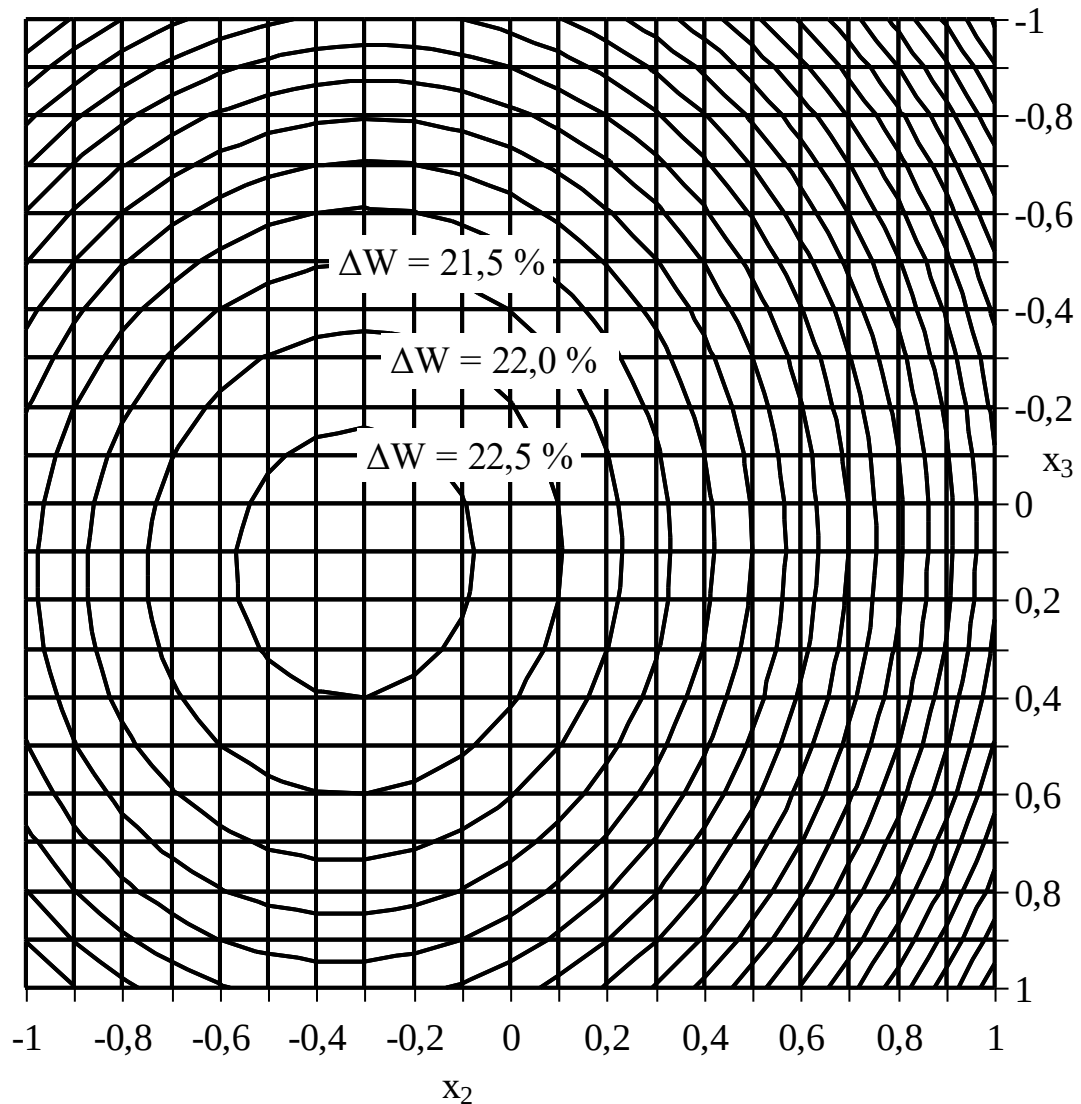


Рисунок 4.21 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_2 и x_3 при $x_1 = 0$ на увеличение влажности почвы уплотненной зоны, %

Оптимальные значения факторов, которые могут быть рекомендованы, находятся в следующих интервалах: x_2 в пределах от $-0,5$ до $-0,2$, и x_3 в пределах от 0 до $0,3$. Результаты анализа двумерных сечений свидетельствуют о том, что для достижения максимального прироста влажности почвы в уплотненной зоне, целесообразно установить следующие оптимальные параметры факторов:

$x_1 = -0,1 \dots 0,1$ (19,5...20,5 мм), $x_2 = -0,5 \dots -0,2$ (28...30,4 мм), $x_3 = 0 \dots 0,3$ (22,5...23,2 град.). При этом увеличение влажности почвы уплотненной зоны составит на 22,5 %.

4.6 Определение развития корневой системы

Используя методику исследования развития корневой системы, и лабораторную установку, описанную в главе 3 мы увидели, что после обработки всходов через несколько дней стала заметна разница развития растений (рисунке 4.22). Образец слева имел только один центральный корень, который уперся в дно в поисках влаги. Образец справа напротив имеет коренастую форму, стебель более толстый, и корневая система начала рост не только вниз, но в бок, в последствии ускорив его развитие.



Рисунок 4.22 - Устройство для исследования развития корневой системы

Так же мы проводили измерение длины корней, на графиках (рисунки 4.23-4.24) мы можем видеть разницу в развитии корней в глубину и в ширину, при сравнении модернизированного рабочего органа и стандартного.

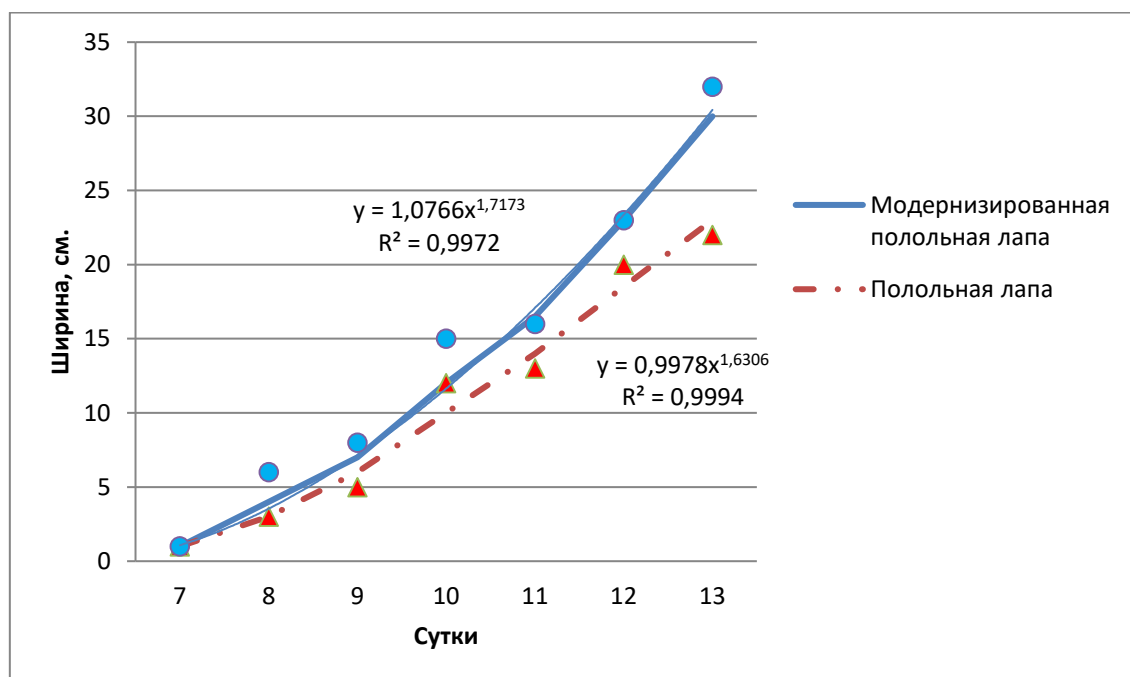


Рисунок 4.23 - Сравнение ширины развития корней

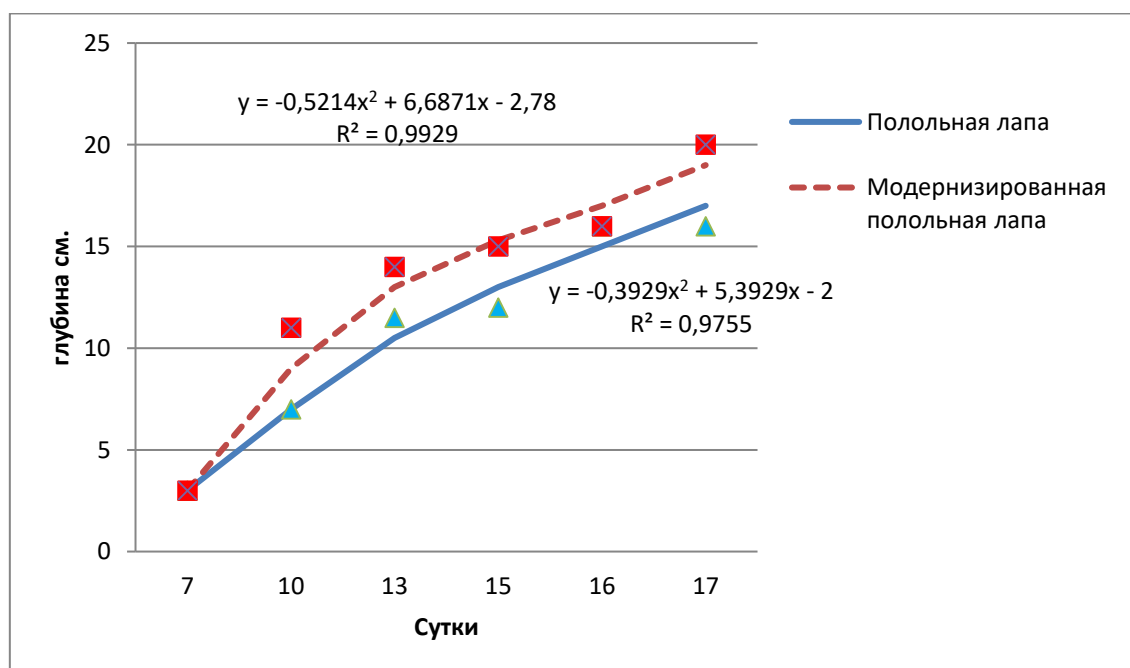
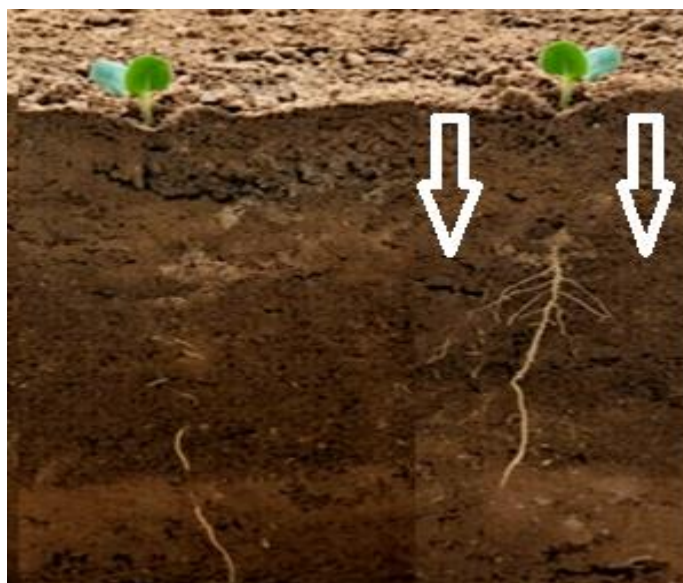


Рисунок 4.24 - Сравнение глубины развития корней после использования модернизированной полольной лапы

На рисунке 4.25 мы более приближено можем увидеть как боковые корни начинают расходиться аккурат над зоной уплотнения.



а)

б)

Рисунок 4.25 – Развитие корневой системы:

а) Развитие корня без уплотнения. б) Развитие корня после уплотнения (стрелками показана зона уплотнения).

Кроме того, к моменту первой культивации длина стержневого корня достигает 10-20 см, а боковых 3-4 см в каждую сторону.

4.7 Определение тягового сопротивления

Учитывая усилия $R_{Gx} = 14,03 \text{ Н}$, $R_{yn1} = 18,7 \text{ Н}$ ($\alpha_{1уп.} = 20^\circ$) $R_{yn2} = 15,1 \text{ Н}$

($\alpha_{2уп.} = 25^\circ$) и $R_{Fx} = 5,89 \text{ Н}$. Определение суммарного тягового усилия, необходимого для работы полольной лапы с уплотнителем (рисунки 4.26-4.29), производится без учета сопротивления, вызванного деформацией почвенного слоя, т.к. размеры уплотнителя малы и усилие R_{dx} невелико подставим все значения в формулу (2.1).

$$P_x = R_{yn2} + R_{Gx} + R_{Fx} = 15,1 + 45,49 + 5,89 = 66,4 \text{ Н}. \quad (4.4)$$

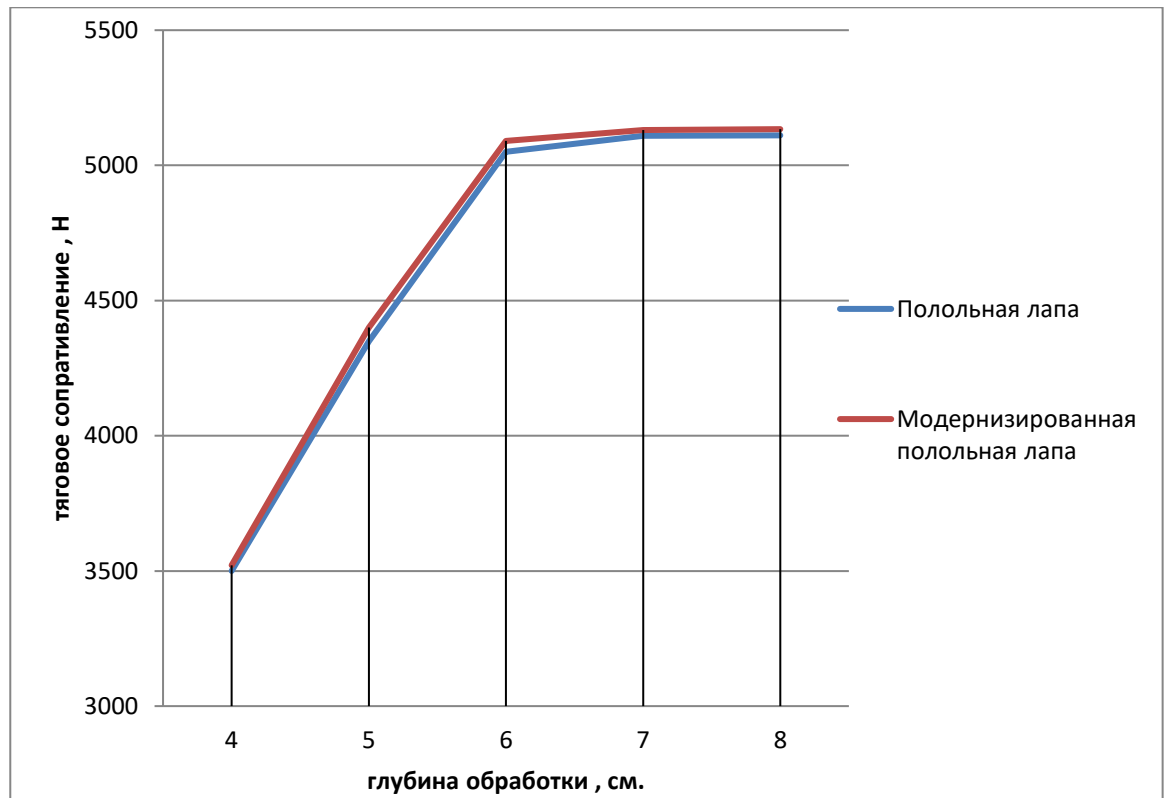


Рисунок 4.26- Сравнение тягового сопротивления культиватора КРН 4.2 с использованием полольной лапы и модернизированной полольной лапы при использовании 6 секций и 4 модернизированных лап.

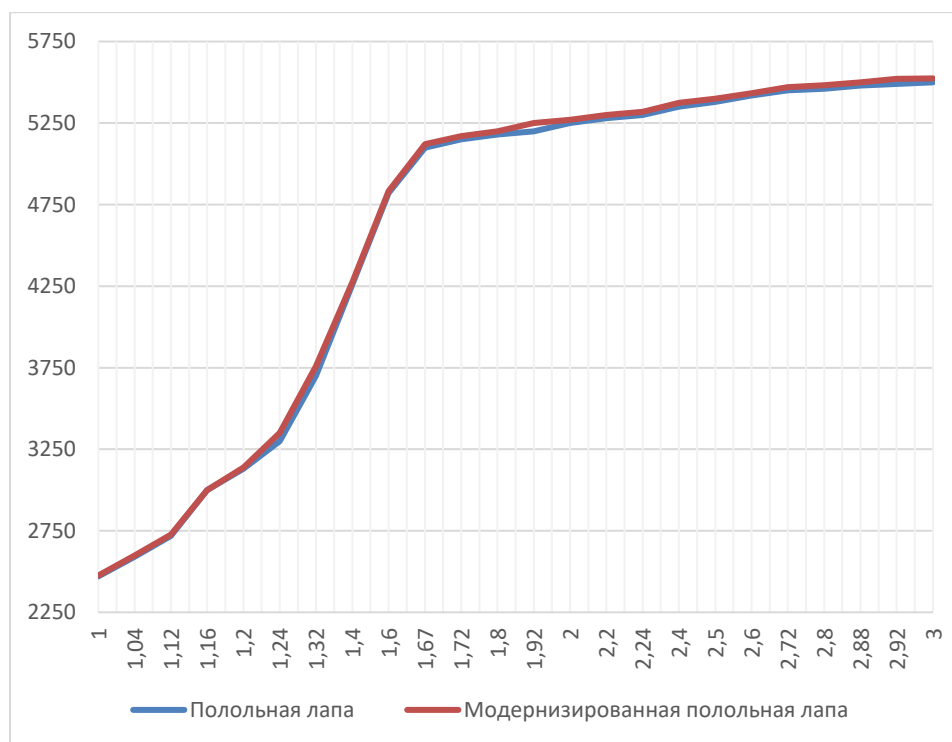


Рисунок 4.27 – Зависимость тягового сопротивления культиватора КРН4.2 от скорости

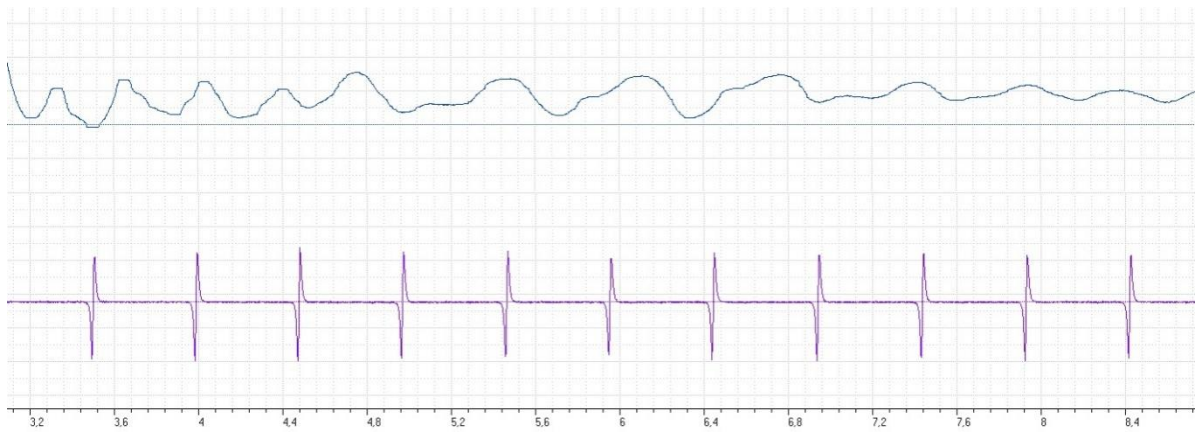


Рисунок 4.28- Диаграмма тягового сопротивления.

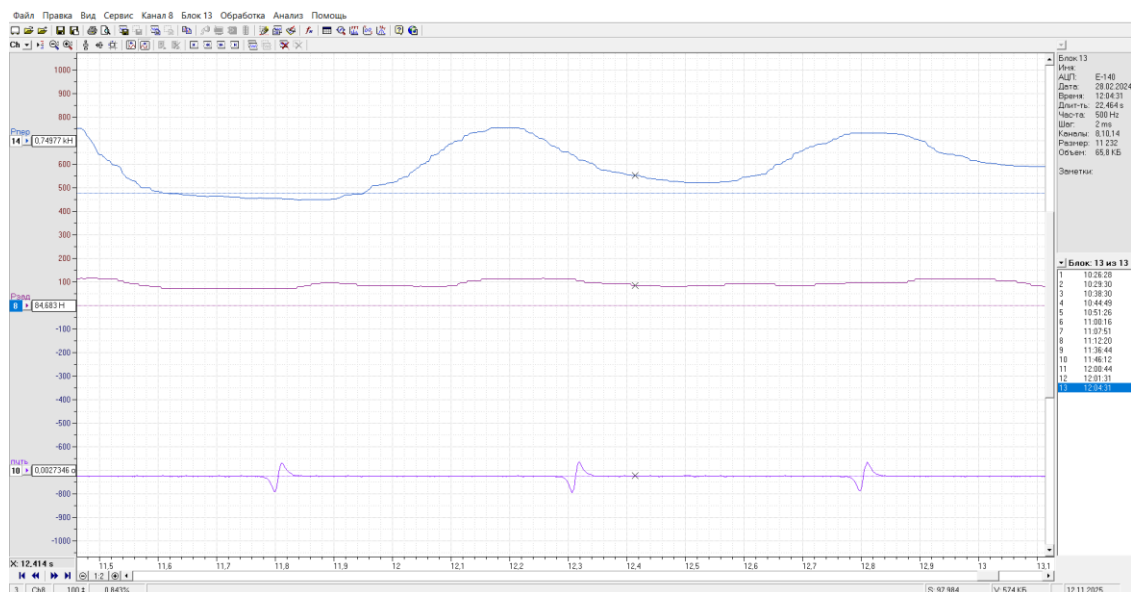


Рисунок 4.29 - Программа Power Graph 3.1 Professional для получения данных с датчиков

4.8 Полевые испытания рабочего органа культиватора, сравнительная динамика роста арбуза

В результате проведенных полевых исследований (рисунок 4.30-4.31) выявлено, что динамика роста растений в рядках, междурядья которых обработаны модернизированной полольной лапой, выше чем при обработке контрольного участка (рисунки 4.32-4.34). Так, например, на участке, обработанном разработанной полольной лапой, длина плетей на 50...80 см больше, чем на контрольном участке, а появление плодов арбуза «Триумф» на 7...10 дней раньше.



Рисунок 4.30 – Междурядная обработка арбуза сорта Триумф



Рисунок 4.31– Тестирование модернизированных полольных лап культиватора при междурядной обработке посевов



а)

б)

Рисунок 4.32 - Развитие растений через 8 дней после обработки:

а) участок, обработанный модернизированной полольной лапой;

б) контрольный участок



а)

б)

Рисунок 4.33- Развитие растений через 31 день после обработки:

а) участок, обработанный модернизированной полольной лапой;

б) контрольный участок.



а)



б)

Рисунок 4.34- Развитие растений через 57 дней после обработки:

а) участок, обработанный модернизированной полольной лапой;

б) контрольный участок.

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

1. Лабораторные и полевые исследования влажности почвы показали, что модернизированная полольная лапа культиватора позволяет повышать уровень влажности в зоне уплотнения. Увеличение процентного содержания влаги наблюдается до глубины 8 см, после чего влажность стабилизируется.

2. Результаты анализа двумерных сечений свидетельствуют о том, что для достижения максимального прироста влажности почвы в уплотненной зоне, целесообразно установить следующие оптимальные параметры уплотнителя: высота уплотнителя ($h_{\text{упл.}}$) – 19,5...20,5 мм, ширина уплотнителя ($b_{\text{упл.}}$) – 0,28...30,4 мм, угол наклона носка уплотнителя ($\alpha_{\text{упл.}}$) – 22,5...23,2 град.

Влажность почвы при междурядной обработке модернизированной полольной лапой увеличивается в зоне уплотнения на 22,5 % относительно обработки серийно выпускаемой лапы.

3. При обработке почвы модернизированной полольной лапой, наблюдалось более активное развитие растений на всех этапах исследований.

К моменту первой культивации длина стержневого корня достигала 10-20 см, а боковых 3-4 см в каждую сторону, что больше контрольного образца примерно на 10-15%. Длина плетей арбузов 31 день увеличилось на 50-80 см, плоды формировались на 7-10 дней раньше по сравнению с контрольным участком.

4. Общее тяговое сопротивление культиватора КРН 4.2 с четырьмя модернизированными полольными лапами составляет 5131 Н. а серийно выпускаемыми лапами 5090Н на светлокаштаных почвах.

ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА

5.1 Механизированная технология междурядной обработки бахчевых культур и ее экономическая эффективность

Описанное нами модернизация полольных лам, при культивации междурядий, гарантирует формирование здоровых всходов бахчевых растений в регионах с выраженным континентальным климатом и дефицитом почвенной влаги. Испытания подтвердили наши теоретические и лабораторные исследования.

При испытаниях нами было проведено сравнение и исследование влияния на урожай модернизированной полольной лапы с существующей. Опыты проводились при посеве арбузов сорта Триумф.

Экономическая эффективность внедрения новой (модернизация существующей) технологии и средства механизации обработки почвы достигается за счет сравнения: новой технологии с существующей, используемой в аграрном секторе;

При экономической оценки необходимо поставить сравниваемые образцы в равные условия.

За базу сравнения принимают машину, обеспечивающую минимальные затраты на выполнение сопоставимого объема работ.

Если новая машина выполняет несколько операций одновременно, или ее использование влияет на выполнение подготовительных работ, сопряженных работ и последующих работ.

Если внедрение новой (существующей модернизированной) машины приводит к увеличению количества продукции (выхода) или повышению качества, этот дополнительный эффект следует учитывать [22,61].

Технология междурядной обработки бахчевых культур обеспечивает сохранение почвенной влаги в зоне корневой системы и способствует выравниванию растений по развитию за счет подтягивания влаги из более глубоких слоев. Таким образом, указанная технология позволяет получать

равномерно созревающую продукцию бахчевых культур, причем на 10...14 дней раньше по сравнению с растениями на контрольном участке, обработка которого производилась полольными лапами культиватора КРН-4.2. Ранняя продукция обычно реализуется по более высоким ценам.

В свою очередь модернизация рабочих органов культиватора не несет существенных материальных затрат.

Методика, используемая для экономической оценки производственных затрат, описана в источнике [22], а для вычисления срока окупаемости применялась методика, указанная в [61]. В качестве объекта расчета был выбран культиватор КРН 4.2, секции которого были дополнительно оснащены модернизированными полольными лапами. Основными данными для расчетов служат результаты испытаний, и информация открытых источников.

Таблица 5.1. – Таблица экономической эффективности

Показатель	базовый	проектный
Состав МТА	МТЗ с культиватором КРН 5-6	МТЗ с культиватором КРН4,2 (4 модернизированных полольных лап)
Исходные данные		
Цена трактора	3000 000	3000 000
Цена Схм	150 000	166720
Затраты на модернизацию машины, руб.	-	16720
Объем работы, га	100	100
Урожайность т/га	23,6	24,78
Цена реализации, руб./кг	10	10
Часовая производительность агрегата, га/ч	2,7	2,7
Балансовая стоимость, МТА руб.:	3150000	3166720
Норма амортизации, %:	8	8
Нормы отчислений на	4,62	4,62

ТО и ремонт, %: с.-х. машины		
Годовая загрузка, ч: трактора с.-х. машины	170	170
Расход топлива, л/га	5,6	5,6
Комплексная цена топлива, руб./кг	77	77
Тарифная ставка, руб./ч	200	200
Коэффициент доплат	1,3	1,3
Коэффициент отчислений в социальные фонды	1,3	1,3
Расчетные показатели		
Затраты труда, чел.- ч/га	0,37	0,37
Фонд оплаты труда с отчислениями, руб./га	98	98
Амортизационные отчисления, руб.:	147руб/га	151руб/га
Затраты на ТО и ремонт, руб.:	140руб/га	143руб/га
Итого эксплуатационных издержек на культивацию, руб./га	816,2	823,2
Стоимость дополнительной продукции, руб./га	-	11800
Годовая экономия, руб.: на 1 га	-	13620
Срок окупаемости, лет	-	0,9

Согласно ГОСТ 34393-2018: «представленный расчет дает сравнительную оценку двух культиваторов.

Первый вариант рассматривает работу культиватора в заводском исполнении, второй культиватор с модернизированными полольными лапами.

Экономические расчеты по оценке экономической эффективности конструкторской разработки начинаются с определения затрат на изготовление (или модернизацию) разработанного приспособления Z_k , руб.:

$$Z_k = C_{\text{си}} + C_{\text{м}} + \Phi_{\text{от}}, \quad (5.1)$$

где: $C_{\text{си}}$ — стоимость стандартных покупных изделий, руб.; $C_{\text{м}}$ — стоимость материалов, руб.; $\Phi_{\text{от}}$ — фонд оплаты труда рабочих по изготовлению нестандартных деталей, рамных конструкций, монтажу, демонтажу, руб.

Данные о количестве необходимых стандартных изделий по видам следуют из чертежей конструкторской разработки.

Цены на стандартные покупные изделия принимаются на момент выполнения расчетов из прайс-листов торговых и обслуживающих организаций, Интернета и других источников»[22,58].

Список затрат на покупку готовых изделий в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Затраты на покупные изделия.

Наименование, марка	Количество, шт.	Цена, руб./шт.	Общая стоимость, руб.
Лапа бритва	4	1800	7200

Данные о типах и весе ключевых материалов были взяты непосредственно из конструкторских чертежей проекта. Кроме основного сырья важно также учитывать расходы на дополнительные материалы — электроды, лакокрасочные покрытия, чистящие средства, шлифовальные диски и прочие расходные материалы. Стоимость материалов фиксируется на период расчета стоимости изделия исходя из текущих ценников поставщиков, прайсов сервисных компаний, онлайн-ресурсов и иных достоверных источников (см. таблицу 5.3).

Таблица 5.3 - материалы необходимые для модернизации .

Наименование	Масса, кг	Цена, руб./шт	Общая стоимость, руб.
Диск шлифовальный по металлу (125x22.23 мм) для УШМ	0,16	105	105
Грунт-эмаль по ржавчине матовая высокопрочная в баллончике	0,27	415	415
Электроды сварочные ОК 46.00	40,5	1834	1834
Квадрат конструкционный 20 Ст.20 ГОСТ 2591-88	3,14	235	235
Всего			2589

Используя ГОСТ 34393-2018 посчитан «фонд оплаты труда рабочих по изготовлению нестандартных деталей, рамных конструкций, монтажу, демонтажу определяется как полный фонд оплаты труда с отчислениями:

$$\Phi_{от} = \sum_{i=1}^n t_{раб} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \cdot K_{о} \quad (5.2)$$

где: n — количество видов работ; i — вид работы (станочные, сварочные и др.); $t_{раб}$ — трудоемкость по видам работ, чел.-ч; $C_{ч}$ — тарифная ставка по видам работ, руб./ч; $K_{д}$ — коэффициент, учитывающий доплаты за качество и результаты работы в зависимости от её вида ($K_{д} = 1,3 \dots 1,6$); $K_{о}$ — коэффициент, учитывающий отчисления страховых взносов в социальные фонды (для сельскохозяйственных организаций $K_{о} = 1,3$).

Трудоемкость работ определяется исходя из их объема и сложности на основании фактических результатов согласно хронометражу или по нормативным справочникам»[22,58].

Состав трудоемкости и заработная плата при изготовлении (модернизации) конструкторской разработки составлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4-Фонд оплаты труда рабочих по изготовлению конструкции.

Название работ	Разряд	Трудоемкость, руб./ч	Часовая тарифная ставка, руб./ч	Фонд оплаты труда рабочих, руб.
Фрезерные	5	2	200	676
сварочные	4	2	250	845
всего				1521

Для определения расходов на производство рабочего органа учитываются транспортные и заготовительные издержки которые находятся между 10 и 15% от общей цены и материалов которые нужны для изготовления. Расходы косвенного характера рассчитываются пропорционально оплате труда сотрудников, занятых изготовлением конструкции. Величина этих затрат определяется фактическими показателями конкретного предприятия и обычно находится в диапазоне от 60 до 140 процентов относительно фонда заработной платы основной рабочей силы производства. По завершении вычисления каждой составляющей производится итоговая оценка общих расходов на создание либо модификацию инструмента (таблица 5.5)[22,58].

Таблица 5.5- Затраты на изготовление (модернизацию) конструкции

Статья затрат	Сумма, руб.
Стоимость стандартных покупных изделий	4800
Стоимость материалов основных и вспомогательных	2589
Фонд оплаты труда рабочих по изготовлению конструкции	1521
Транспортно-заготовительные расходы	2977
Косвенные затраты	2433
всего	16720

Так как усовершенствуется уже имеющиеся в хозяйстве рабочий орган то его балансовая стоимость $БС^{пр}$ представляет собой сумму этой стоимости и затраты на модернизацию.

$$БС^{пр} = З_{к.} \quad (5.3)$$

Усовершенствование оборудования позволяет повысить объем выпускаемой продукции благодаря увеличению продуктивности сельхоз культур и снижению потерь на различных этапах производственного процесса, включая хранение и переработку. Инженерный подход заключается в обновлении конструкции культиватора модели КРН 4.2 посредством установки уплотнителя на полольную лапу. Ожидается, что применение модернизированной конструкции обеспечит лучшее удерживание влаги в корнеобитаемом слое почвы, что положительно скажется на развитии растений. Благодаря оптимизации глубины хода полольной лапы машина сможет обеспечивать оптимальную глубину междурядной обработки, способствуя равномерному появлению всходов и потенциально повышая урожайность примерно на 5%. Экономический эффект ежегодно оценивается сравнением операционных расходов и увеличением объема произведенной продукции. Для корректного анализа объемы выполняемых работ должны оставаться неизменными как в исходном варианте, так и в новой модификации.

Применяя ГОСТ 34393-2018 «эксплуатационные издержки на единицу работы (продукции), $I_{\text{Эуд}}$, определяют по формуле:

$$I_{\text{Эуд}} = \Phi_{\text{ОТ}} + A + P + Z_{\text{т}}, \quad (5.4)$$

где: $\Phi_{\text{ОТ}}$ — фонд оплаты труда по данной операции, руб.; A — амортизационные отчисления машины, оборудования, руб.; P — затраты на техническое обслуживание и ремонт машины, оборудования, руб.; $Z_{\text{т}}$ — затраты на топливно-смазочные материалы, руб.;

Затраты на топливно-смазочные материалы определяются по формуле

$$Z_{\text{т}} = K_{\text{т}} \cdot Ц_{\text{т}} \cdot k_{\text{см}}, \quad (5.5)$$

где: $Ц_{\text{т}}$ — комплексная цена топливно-смазочных материалов, руб./кг.

Комплексная цена — цена основного топлива с учетом стоимости смазочных материалов. Определяется умножением цены основного топлива на

коэффициент 1,05...1,1. $k_{см}$ - коэффициент учета цены смазочных материалов»[22,58].

«Затраты денежных средств на ремонт и техническое обслуживание техники вычисляют по формуле:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^n B_m k_p}{W_э} \quad (5.6)$$

где: n – число техники в составе МТА, шт; B_m – цена рассчитываемого вида техники, руб; k_p - значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены техники на 100 ч ее работы; $W_э$ - производительность техники на культивацию за 1 ч эксплуатационного времени.

Производительность техники на культивацию за 1 ч эксплуатационного времени определяется по выражению:

$$W_ч = W \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{k_r} - 1 \right) \quad (5.7)$$

где: k_r – коэффициент готовности техники по оперативному времени, W – производительность МТА.

Расчет амортизации и затрат на техническое обслуживание и ремонт для сельскохозяйственной машины:

$$A = \frac{1}{W_ч} \sum_{j=1}^n \frac{B_m}{R_m} \quad (5.8)$$

где: R_m - значение амортизационного ресурса техники, ч.

Стоимость дополнительной продукции C_d при изменении ее количества определяется следующим образом:

$$C_d = C^{баз} (K_{прод}^{пр} - K_{прод}^{баз}) \quad (5.9)$$

где: $C^{баз}$ — цена продукции в базовом варианте (10, руб./кг.); $K_{прод}^{пр}$ - $K_{прод}^{баз}$ — количество продукции соответственно в базовом и проектном вариантах, кг.

Годовая экономия (Δ_r) определяется исходя из удельных эксплуатационных издержек на единицу площади, соответствующего объема работ и стоимости дополнительной продукции:

$$\mathcal{E}r = (I_{\mathcal{E}r}^{np} - I_{\mathcal{E}r}^{баз})S + C_{\mathcal{D}} \quad (5.10)$$

где: $I_{\mathcal{E}r}^{баз}$, $I_{\mathcal{E}r}^{np}$ — удельные эксплуатационные издержки соответственно в базовом и проектном вариантах, руб./га (руб./гол.); S — объем работ, га ; $C_{\mathcal{D}}$ — стоимость дополнительной продукции на весь объем работ, руб»[22,58].

Срок окупаемости затрат на изготовление (модернизацию) составляет

$$T = \frac{\mathcal{Z}_k}{\mathcal{E}_e} \quad (5.11)$$

Если изменение сопротивления модернизированной полольной лапы культиватора составляет 15.1Н относительно стандартной лапы-бритвы, а для обработки междурядий нам требуется заменить только 4 лапы на модернизированные, то суммарное добавочное сопротивление культиватора в среднем увеличится лишь на 60.4Н., что существенно не скажется на увеличении расхода топлива. Таким образом при минимальных затратах получаем сокращение сроков получения продукции и повышение урожайности бахчевых культур, при сравнении с контрольным участком обработанным с использованием лап-бритв.

ВЫВОДЫ ПО ПЯТОЙ ГЛАВЕ

1. Экономическая эффективность применения модернизированного рабочего органа культиватора достигается за счет улучшения технологии междурядной обработки почвы, что обеспечивает повышение влаги в прикорневой зоне и ускоряет рост растений.

2. При сравнении с традиционными методами новая технология позволяет получать более равномерно созревающую продукцию бахчевых культур, что ускоряет сроки созревания на 10–14 дней. Это особенно выгодно, так как ранняя продукция может быть продана по более высоким ценам, что повышает доходность.

3. Модернизация рабочих органов культиватора КРН 4.2 не требует значительных материальных затрат и составляет 16720р. а срок окупаемости 0,9 года, что делает внедрение новой технологии доступным и экономически оправданным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих технологий показал, что в современных методах междурядной обработки бахчевых культур имеется ряд недостатков, влияющие на эффективность культивации. Одной из основных проблем при междурядной обработке бахчевых культур, влияющей на развитие растений, является недостаточное количество влаги в прикорневом слое почвы.

2. Модернизированная конструкция рабочего органа: полольная лапа с вертикальной щекой и уплотнителем, которая позволяет подрезать сорняки и формировать капилляры в почве прикорневой зоны растения. Это способствует подъему влаги к корневой системе улучшая условия для роста растений, особенно в засушливых зонах.

3. Определены оптимальные параметры уплотнителя полольной лапы, обеспечивающие ее движение с уплотнением нижнего слоя почвы без ее сгруживания а именно: высота ($h_{\text{упл.}}$) - 2 см., ширина ($b_{\text{упл.}}$) - 3 см., угол носка ($\alpha_{\text{упл.}}$)- 23 град.

Ширина защитной зоны должна быть больше ширины зоны развития корней на 4-6 см.

4. Экспериментальные исследования показали, что модернизированная лапа культиватора позволяет повышать уровень влажности на 22.5 % в зоне развития корней.

5. Модернизация рабочих органов культиватора не требует значительных материальных затрат и составляет 16720р. а срок окупаемости 0,9 года, что делает внедрение новой технологии доступным и экономически оправданным.

Рекомендации производству

Сельскохозяйственным предприятиям, эксплуатирующим культиваторные МТА, и занимающиеся возделыванием бахчевых культур, рекомендуется использовать модернизированные полольные лапы для получения более раннего урожая.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Необходимо провести исследования по определению конструктивных параметров уплотнителей на других типах почв.

Список литературы:

1. Абезин В.Г. Ресурсосберегающая почвозащитная технология механизированного возделывания и уборки бахчевых культур. / В.Г. Абезин // - Элиста: Калм. гос. ун-т, 1993. – 120 с.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Изд-е второе, перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Бахчеводство / проф. А. И. Филов. - Москва : колос, 1969. - 263 с. : ил., карт.; 21 см. - (учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений).
4. Бахчевые культуры (арбуз, дыня, тыква, кабачок, патиссон) в книге: руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве. Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.П., [и др.] Производственно-практическое издание. Москва, 2018. С. 161-168.
5. Бородин В.И. и др. Совершенствование технологии междурядной обработки пропашных культур. Известия НВ АУК. 2025. №3(81). С.557-567.
6. Ботаника: анатомия и морфология Завидовская Т.С. Курс лекций / Москва-Берлин, 2018.
7. Ботаника: анатомия и морфология растений Кузьмина Е.Г. Астрахань, 2017.
8. Биологические основы культуры тыквенных (огурец, арбуз, дыня, тыква) Белик В.Ф. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / всесоюзная ордена Ленина академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина; всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский институт растениеводства имени н. И. Вавилова. Боровск, 1967

9. Бродский А.Д. Краткий справочник по математической обработке результатов измерений. / А.Д. Бродский, В.С. Канн // - М.: Стандартиздат, 1976. - 167с.
10. Буромский В.И. Снятие и обработка плотномерных диаграмм. /В.И. Буромский // - сб.тр. по земледельческой механике, т.4, Сельхозиздат, 1961.- 297с.
11. Бурбель А. Ф. Агромехтехнология полей юга России / А. Ф. Бурбель, А. Н. Белан, Б. А. Землянский, А. С. Найденов. – Ейск, 1996. – 181 с.
12. Быковский Ю.А. Богарное бахчеводство юго-восточной зоны / Ю.А.Быковский // Вестник РАСХН. № 4, 2003. С. 39-41.
13. Быковский, Ю.А. Рекомендации по выращиванию бахчевых культур в Волгоградской области / Ю.А.Быковский, К.П. Синча, О.П. Варивода [и др.]. - Волгоград, 2002. – 52с.
14. Возделывание арбуза столового при капельном орошении Дьяков А.С., Тютюма Н.В., Зайцева Н.А. В сборнике: инноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. Сборник научных статей по материалам XV международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 106-113.
15. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. / Г.В. Веденяпин // - М.: Колос, 1973. – 196с.
16. Вольф, В.Г. Статистическая обработка данных / В.Г. Вольф // - М.: Колос, 1996. – 254 с.
17. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. / В.Е. Гмурман // - М.: «Высшая школа», 1977. – 479 с.
18. ГОСТ 20915-2011 "Почвы. Методы полевого определения плотности" – для определения плотности почвы в полевых условиях, что важно при оценке состояния почвы после обработки. ФГНУ «РосНИИТиМ» 2013г.
19. ГОСТ 27593-88 "Почвы. Методы измерения сцепления сдвига и угла внутреннего трения" – для оценки механических свойств почвы,

которые влияют на обработку. утв. постановлением Госстандарта СССР от 23 февраля 1988 г. N 326

- 20.ГОСТ 28168-89 "Машины для междурядной обработки пропашных культур. Термины и определения" – этот стандарт содержит термины и определения, которые могут пригодиться при описании экспериментальной методики и оборудования. Москва Стандартиформ 2008г.
- 21.ГОСТ 20911-89 "Почвы. Методы измерения твердости почвы" – для измерения твердости почвы, что поможет оценить эффективность обработки почвы рабочими органами. Государственный стандарт Союза ССР 1991г.
- 22.ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: издание официальное: (КубНИИТиМ). – М.: Стандартиформ, 2018. – 13 с.
- 23.ГОСТ 26244–84 Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 7 с.
- 24.ГОСТ 33677-2015 Машины и орудия для междурядной и рядной обработки почвы. Методы испытаний. Дата введения в действие М.: Стандартиформ, 2017.
- 25.Доспехов, Б.А. Методика проведения полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
- 26.Желиговский, В. А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / В. А. Желиговский. – Тбилиси : Изд-во Груз. с.-х. ин-та, 1960. – 146 с.
- 27.Закономерности водопотребления столового арбуза на бурых полупустынных почвах северо-западного прикаспия Бородычев В.В., Дедов А.А., Дедова Э.Б.\\Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 22-32.

28. Значение приемов повышения урожайности арбуза в развитии отрасли бахчеводства Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С., Рябчикова Н.Б., Егорова Г.С. В сборнике: мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития апк и сельских территорий. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы. 2018. С. 52-58.
29. Зайдельман Ф.Р., Оглезов А.К. Определение степени заболоченности почв по свойствам конкреции // Почвоведение. 1971. №10.
30. Измерение механических свойств плодов арбуза Медведков Е.Б., Назымбекова А.Е., Шапров М.Н., [и др.] В сборнике: современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск А.В. Степовой. 2020. С. 339-344.
31. Инакян С. А. Механико-технологическое обоснование повышения эффективности почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.20.01 / Инакян Сергей Андроникович. – М., 1992. – 52 с.
32. Камбулов С. И. Снижение энергоемкости процесса почвообработки / С. И. Камбулов // Механизация и электрификация с. х. – 2008. – № 1. – С. 32–34.
33. Кайванов С. Д. Ресурсосберегающий пропашной культиватор / Н. Е. Руденко, И. А. Носов, С. Д. Кайванов, Д. А. Петухов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 4. – С. 31–37. (0,5 п.л./0,19 п.л.)
34. Кайванов С. Д. Комбинированный рабочий орган культиватора / Н. Е. Руденко, С. Д. Кайванов, Ф. Н. Завялик // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сборник научных статей. – Ставрополь : АГРУС, 2016. – С. 95–99. (0,30 п.л./ 0,13 п.л.)

- 35.Капов С. Н. Механико-технологические основы разработки энергосберегающих почвообрабатывающих машин : дис. д-ра техн. наук / Капов С. Н. ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Челябинск, 1999. – 356 с.
- 36.Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины. / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский // М.: Агропромиздат, - 1989. - 529 с.
- 37.Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н. А. Качинский. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1958. – 192 с.
- 38.Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М. : Колос, 1980. – 671 с.
- 39.Кудзаев А. Б. Машина для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов / А. Б. Кудзаев, Т. А. Уртаев, А. Э. Цгоев, И. А. Коробейник, Д. В. Цгоев // Известия Горского ГАУ. – Владикавказ, 2010. – Т. 47, ч. 1. – С. 172–178.
- 40.Кинематические параметры рабочего органа с изменяемой глубиной обработки почвы по ширине междурядья ./ Шилов С. А., Шилов А. Н., Фадеев// А. А. Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 3. С. 130-134
39. Карпенко, А. Н. Сельскохозяйственные машины / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский. – 6 изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 527 с.
- 41.Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин В. А. Сакун. – М. : Колос, 1980. – 671 с.
- 42.Кушнарев А. С. Методологические предпосылки выбора способа обработки почвы / А. С. Кушнарев, В. В. Погорелый // Техника в АПК. – 2008. – № 1. – С. 17–21.
- 43.Комплекс современных модернизированных машин и их рабочих органов для механизации процессов бахчеводства /А.С. Овчинников и др. // монография. - Волгоград: ИПК ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ «Нива», 2018. -228с.

44. Количественные и качественные характеристики арбуза столового в конкурсном сортоиспытании Бочерова И.Н., Рябчикова Н.Б. Труды кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 106. С. 203-207.
45. Клецкин М.И. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т.4, М.: Машиностроение, 1969, 536с.
46. Курдюмов В.И. Технология и средства механизации гребневого возделывания пропашных культур: монография / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин. – Ульяновск: Вега-МЦ, 2017. – 320 с.
47. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Лазуткина С.А., Дмитриев О.А. Анализ способов ухода за посевами пропашных культур. В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2020. С. 346-351
48. Листопад Г.Е. Рекомендации по возделыванию, уборке и переработке бахчевых культур для многоцелевого использования / Г.Е. Листопад, В.Г. Абезин, Е.Ю. Раков [и др.] // - Волгоград: «Агроинформ», 1998. – 57 с.
49. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов // - М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
50. Листопад Г.Е. Применение машин на бахчах. / Г.Е. Листопад, В.И. Малюков // Нижнее-Волжское книжное издательство., Волгоград, 1972–104с.
51. Малюков В.И. Механизация бахчеводства / В.И. Малюков. – Волгоград: Нижнее-Волжское книжное издательство, 1982. 184 с.
52. Мартынов И.С. Совершенствование конструктивно технологических параметров пропашной сеялки для разноглубинного посева бахчевых культур (на примере арбузов): дисс. канд. техн. наук / И.С. Мартынов. - Волгоград, 2007. - 168 с.

53. Мартынов И.С., Шапров М.Н. Рабочий орган для поверхностной обработки почвы // Сельский механизатор. – 2021. - № 6. – С. 40.
54. Мартынов И.С., Шапров М.Н., Бородин В.И. Рабочий орган для междурядной обработки почвы. Сельский механизатор. 2022. № 10. С. 8.
55. Мартынов И.С., Шапров М.Н., Мисюряев В.Ю., Бородин В.И. Разработка и исследование рабочего органа для междурядной обработки бахчевых культур. Известия НВ АУК. 2023. №2(70). С.534-542.
56. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И. Обоснование конструктивных параметров полольных лап культиватора. Известия НВ АУК. 2025. 6(84). С. 573-582.
57. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И. Оптимизация параметров полольной лапы пропашного культиватора. Известия НВ АУК. 2026. 1(85).
58. Матасов А.Н. Роторное орудие для вычесывания сорняков [Текст] / А.Н. Матасов, А.Н. Цепляев // Молодежь и наука XXI века: материалы IV Международной научно-практической конференции 16-20 сентября 2014 г.: сборник научных трудов. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. –Том II. – С. 167...171.
59. Методика изучения физико-механических свойств с.-х. растений. - М.: ВИСХОМ, 1970., - 277 с.
60. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин // - Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1980. – 168 с.
61. Методика определения экономической эффективности технологии и сельскохозяйственной техники / Под рук. канд. техн. наук А.В. Шпильке. - М.: ГП УСЗ Минсельхозпрода России, 1998. - 219 с.
62. Несмиян А. Ю. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденции их производства / А. Ю. Несмиян, В. В. Должиков // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 4.

63. Особенности линейного роста и длина стеблей тыквы крупноплодной
Дунин А.П., Троц В.Б. В сборнике: актуальные вопросы
кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения. Сборник
научных трудов национальной научно-практической конференции,
посвящённой памяти заслуженного деятеля науки РФ, доктора
сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды
Николаевны. 2019. С. 35-40.
64. ОСТ 70.10.8-84. Испытания сельскохозяйственной техники. Программа
и методы испытаний. – М.: Госкомсельхозтехника, 1985. – 23 с.
65. Патент 2464755 Российская Федерация, МПК A01B35/16,
A01B35/18, A01B39/20. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов,
Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО
«Ульяновская ГСХА». - № 2011145008/13; заявл. 07.11.2011; опубл.
27.10.2012, Бюл. № 30.85.
66. Патент на полезную модель RU 236740 U1, Российская Федерация
19.08.2025. Заявка № 2025108062 от 31.03.2025. /Мартынов И.С.,
Шапров М.Н., Бородин В.И., Садовников М.А., Мартынов А.И./
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Волгоградский государственный аграрный
университет" (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ)
67. Патент 2255451 Российская Федерация, МПК A01B29/04.
Прикатывающий каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С.
Зыкин, Ф.Ф. Мурза; Инженерно-техническое обеспечение АПКев;
заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - №
2004103108/12; заявл. 03.02.2004; опубл. 10.07.2005, Бюл. № 19.
68. Патент 2742838 Российская федерация. Полольная лапа. Мартынов
И.С., Шапров М.Н. - опубл 12.07.2021 бюл. №20.- 3 с. приоритет от
23.03.2021

69. Патент 2777198 Российская федерация. Способ междурядной обработки почвы. Мартынов И.С., Шапров М.Н. - опубл 01.08.2022 бюл. №22.- 4 с. приоритет от 30.07.2021
70. Патент RU2767791C1 Российская Федерация, МПК A01B 13/00. Универсальный культиватор для междурядной обработки почвы, содержащий шпоровый рабочий орган (рыхлитель) / Редкокашин Н. А. , Редкокашин А. А., Редкокашин И. А. заявитель и ФГОУ ВПО «Приморская ГСХА». (заявка №2002135876 опубликован 2004.06.20.).
71. Повышение эффективности культиваторов для предпосевной обработки почвы / И.М. Панов, С.А. Инаекян, В.И. Гасилин, В.В. Коломиец // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1992. – №2. – С. 15–17
72. Панов И. М. Методы повышения эффективности обработки почвы / И. М. Панов // Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин : сб. науч. тр. НПО ВИСХОМ. – М. : НПО ВИСХОМ, 1990. – С. 3–12.
73. Поварь А.А., Мяло В.В. Недостатки и сравнительный анализ орудий для поверхностной обработки почвы. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. №1. С. 242-248.
74. Полезная модель RU [214 916](#) U1 Российская Федерация, Рабочая секция пропашного культиватора \ Автор(ы): Василенко В. В. , Василенко С.В. Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ)
75. Повышение качества выделения семян из плодов тыквы за счет обоснования основных параметров \ Шапров М.Н., Седов А.В. Сборник научных трудов sworld. 2013. Т. 14. № 3. С. 68-72.
76. Пери К.К. Основы тензометрирования [Текст] / К.К. Пери, Г.Р. Лисснер. – М., 1957. – 235 с.

77. Расул А. А. Математическое моделирование процесса обработки почвы почвообрабатывающими рабочими органами./ Научно-практический журнал «Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова», 2023. 110-117 с.
78. Разработка конструкции и обоснование параметров установки для удаления сорной растительности из междурядий пропашных культур. Калимуллин Э.Р. НКР. Казань 2018
79. Рогов В. А. Методика и практика технических экспериментов / В. А. Рогов, Г.Г. Позняк [Текст]. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 288с.
80. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур. Зыкин Е. С. Диссертация. Ульяновск, 2017.
81. Руденко Н. Е. Новые технологии и средства механизации в растениеводстве: монография / Н.Е. Руденко, Е.В. Кулаев, В.Н. Руденко. – Ставрополь : АГРУС, 2018. – 380 с.
82. Руденко Н.Е. и др. Ресурсосберегающий пропашной культиватор. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №4. С. 31-37.
83. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справочное руководство. / Л.З Румшицкий // - М.: «Наука», 1971. – 1971. – 192 с.
84. Совершенствование конструктивно-технологических параметров пропашной сеялки для разноглубинного посева бахчевых культур. Мартынов И.С. Диссертация. Волгоград, 2007. С. 124-134
85. Совершенствование конструктивно-технологических параметров пропашной сеялки для разноглубинного посева бахчевых культур : на примере арбузов. Мартынов И.С. , Шапров М.Н. дис... Канд. Тех наук: 05.20.01 Волгоград, 2007.- 175 с.
86. Совершенствование конструктивно-технологических параметров пропашной сеялки для разноглубинного посева бахчевых культур на

- примере арбузов. Мартынов И.С. , Шапров М.Н. автореф. Канд. Тех наук: 05.20.01 Волгоград, 2007.- 23 с.
87. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. — Москва : Машиностроение, 1977. — 328 с. ил.; 22.
88. СТО АИСТ 4.6–2018 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 27 с.
89. СТО АИСТ 10 4.6–2003 Технический кодекс установившейся практики. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – Новокубанск : ФГНУ «РосНИИ-ТиМ» ; Изд-во РосНИИТиМ, 2004. – 27 с.
90. Технология механизированных работ в сельском хозяйстве: учебник / Л. И. Высочкина, М. В. Данилов, И. В. Капустин, Д. И. Грицай. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 288 с.
91. Тыква - ценная бахчевая культура Журов А.В., Хамаганова И.В. В сборнике: устойчивое развитие технологии сервиса, услуг гостеприимства и общественного питания. Материалы XIII международной студенческой научно-практической конференции. Улан-удэ, 2024. С. 194-196.
92. Устройство для электротермической обработки почвы защищенного грунта\ . Баранов М.Г. Бурнаев. Челябинск, ЧГАУ\ вестник ЮУРГУ, №20, 2007.90. Федосеев, В.М. Влияние количественного и видового состава сорной растительности на работу культиватора / В.М. Федосеев, А.В. Русинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2010. - № 3 . -С.45-47
93. Федосеев В.М. Значение поверхностной обработки почвы / В. М. Федосеев // Основы рационального природопользования: сб. науч. работ. - Саратов: Наука. -2007. - С . 192-194.

94. Федосеев В.М. Влияние количественного состава сорной растительности на надежность рабочих органов культиваторов / В.М. Федосеев //Материалы Междунар. НПК, посвящ. 100-летию со дня рождения профессора Вадивасова Д.Г. - Саратов, 2009. - С. 168-171.
95. Федосеев, В.М. Изменение влажности почвы после прохода культиватора-бороны / В.М. Федосеев // Инновации, наука и образование: Материалы междунар. НПК: сб. науч. работ. - Саратов: Изд-во «КУБиК», 2010. - С.205-207.
96. Федосеев В.М. Сохранение влагозапаса в почве при почвообработке за счет использования культиватора-бороны / В.М. Федосеев, А.В. Русинов // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. - М.: МГУП, 2010. - №2. - С.276-282.
97. Фигурнов, В.Э. Статистический анализ данных на компьютере. / В.Э. Фигурнов, Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров // - М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
98. Характеристика гибридных популяций арбуза столового с желтой окраской мякоти Бочерова И.Н. В сборнике: генетический потенциал сельскохозяйственных растений и его реализация в селекции, семеноводстве и размножении. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции кубанского отделения ВОГИС. Краснодар, 2024. С. 18-21.
99. Цепляев А. Н., Абезин В. Г., Шапров М. Н., Цепляев В. А. Комплексная механизация бахчеводства на основе инновационных технологий. 2008.№4 Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование
100. Экспериментальные исследования устройства для формирования гребней почвы / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.В. Мартынов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. - № 17. – С.63-67.

101. Эффективная электрификация защищенного грунта: учебное пособие /Л.Г.прищеп.-м.:колос,1980.-76с.
102. Юртаев, С. В. Обоснование параметров рыхлительных рабочих органов на пружинных стойках в комбинированной почвообрабатывающей машине для предпосевной подготовки почвы : дис. канд. тех. наук : 05.20.01 / Юртаев Сергей Викторович. – Саранск, 2005. – 188 с.
103. Altmann Stefan, Sosnicki Jurgen, Scheufler Bernd, Schomaker Wilfried. Grubber incorporates spring tines whose vibration amplitude in the forward direction of the grubber is limited by stop and/or damping elements: Пат. 10207020 A1 Германия, МПК⁷ A01B35/24. – № 10207020.2 ; заявл. 20.02.2002 ; опубл. 28.08.2003.
104. Altmann Stefan, Sosnicki Jurgen, Scheufler Bernd, Schomaker Wilfried. Overload safety device for agricultural equipment: Пат. 102005037098 A1 Германия, МПК⁷ A01B35/24. – № 2005037098 ; заявл. 03.08.2005 ; опубл. 08.02.2007.
105. Cantalejo Colilla Jesus. Self-adjustable fixing device for agricultural machines: Пат 1998037750 A1 Испания, МПК⁷ A01B35/00, A01B61/00. – № 1998/000050 ; заявл. 28.02.1997 ; опубл. 03.09.1998.
106. Dreesbeimdieke Hermann. Landwirtschaftliche machine: Пат. 10341757 B4, МПК⁷ Германия, МПК⁷ A01B35/22, A01B35/24. – № 2003141757 ; заявл. 10.09.2003 ; опубл. 02.11.2006.
107. Matasov A. N. et al. Analytical Determination of Technological Parameters in the Work of a Self-driving Machine for Soil Loosening and Weeds Removing. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. V. 206. Pp. 1079-1085.
108. Elliott J. et al. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. Agricultural Systems. 2018. V. 159. Pp. 275-281.
109. Murmu K., Thakur T. C. Design and development of combined conservation Tillage machine with chisellers and clod pulverizing roller. AMA,

Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. № 50 (1). Pp. 66-72

110. Coleman G.R.Y. et al. Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and cite-specific weed control. Weed Technology. 2019. V. 33. Issue 4. Pp. 633-650.
111. Nasiyev B. et al. Physicochemical and biological indicators of soils in an organic farming system. The Scientific World Journal. 2021. V. 2021. Pp. 957-977

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

a - глубина обработки почвы, см;

$\alpha_{уп.}$ - угол уплотнителя, град.

β - угол между равнодействующей силой и направлением движения лапы.

B_p - рабочая ширина захвата агрегата, м;

b' - ширина захвата лапы

$b_{уп}$ - ширина уплотнителя, м.

$C(h)$ - емкость почвы (%)

g - ускорение свободного падения, m/s^2 ,

G - сила тяжести пласта

$G_{пт}$ - сила тяжести подрезанной почвы

F - критерия Фишера

$F_{ту}$ - Удельное тяговое сопротивление лапы

$F_{пл}$ - сила инерции пласта.

$F_{тр}$ - силы трения

F_d - динамическая сила Н;

$F_{тл}$ - тяговое сопротивление лап, Н;

$F_{тр}$ - тяговое сопротивление культиватора при рабочем ходе, Н;

$F_{тх}$ - тяговое сопротивление культиватора при холостом ходе, Н

$R_{лез}$ - сопротивления почвы вхождению в нее лезвия

$R_{деф}$ - сопротивление почвы деформации, производимой поверхностью лапы.

R_l - сопротивление почвы проникновению в нее лезвия клина

R_g - сопротивление почвы деформации, производимой рабочей поверхностью клина.

$R_{упх}$ - горизонтальная составляющая силы сопротивления почвы уплотнителем, Ньютон;

$R_{дх}$ - сила сопротивления почвы при деформации, определённая опытным путем, в Ньютон;

R_{GX} – составляющая силы сопротивления, используемая для преодоления статистического давления пласта и выраженная силой тяжести пласта, в Ньютон.

R_{FX} – сила сопротивления, используемая для преодоления динамического давления пласта в горизонтальной плоскости и выраженная силой инерции, в Ньютон;

R_{FZ} – сила сопротивления, используемая для преодоления динамического давления пласта в вертикальной плоскости и выраженная силой инерции, в Ньютон;

h – глубина проникновения уплотнителя в грунт;

h' – гидравлический потенциал (напор), м

$h_{\min}$ – минимальная высота уплотнителя;

$h_{\max}$ – максимальная высота уплотнителя;

$h_{\text{обр}}$ – глубина обработки, м;

$h_{\text{упл}}$ – высота уплотнителя, м;

h_c – глубина посева, м;

$h_{\text{см}}$ – глубина смятия, м;

$h_{\text{упл.п}}$ – глубина уплотнения почвы, м;

$h_{\text{бок.кор}}$ – расстояние от семени до начала формирования боковой корневой системы ;

$h_{\text{защ}}$ – ширина защитной полосы;

$h_{\text{п}}$ – глубине посева;

l – длина рабочей поверхности лапы АВ, м;

L – длина уплотнителя;

L' – расстояние между границами слоев с наименьшим и наибольшей влажностью, м

K – показатель удельного сопротивления (Н/см^2)

$K(h)$ – гидравлическая проводимость (функция напора), (м/с)

$S(t)$ – корневые всасывания

v_0 – начальная скорость частиц почвы до их соприкосновения с лапы;

v_a – скорость движения пласта, м/с;

v' – объем почвы

v – поступательная скорость движения лапы.

dm/dt – масса почвы, поступающая на клин в единицу времени.

p – максимальное давление почвы в точке В (Н.);

P'' - общее сопротивление, (Н);

p' -вес абсолютно сухой почвы

P_1 – вес пустого бьюкса;

P_2 - вес бьюкса с влажной почвой;

P_3 - вес бьюкса с сухой почвой.

N - нормальная сила, Н;

Π – количество лап.

m – масса абсолютно сухой почвы

m - число повторностей опытов

$mg \sin \alpha$ – проекция силы тяжести.

f_n – сила трения покоя

f - коэффициент внешнего трения.

y_i – случайная величина, рассчитанная по математической зависимости;

-

$\bar{y}_i$ – среднеарифметическое значение случайной величины;

γ -угол лезвия лапы

y_{iq} – значение i -ой величины в q -том опыте;

Q - вектор силы

q_0 – коэффициент объемного смятия почвы.

k – число факторов.

z - вертикальная координата

U_r - относительная скорость движения пласта

X_1 – высота уплотнителя, мм

X_2 – ширина уплотнителя, мм

X_3 – угол наклона носка, град.

$X_1, X_2, \dots, X_K$ – независимые факторы.

x_{ik} – кодированное значение i -го фактора;

x_{ih} – натуральное значение i -го фактора;

x_{0ih} – натуральное значение i -го фактора на нулевом уровне;

h_i – интервал варьирования i -го фактора

W- Процентное содержание влаги в почве по массе;

W_1, W_2 – влажность более и менее увлажненных слоев, %

Wэ – производительность техники на культивацию за 1 ч эксплуатационного времени.

φ – угол трения почвы, град.

φ_n – угол статического трения

ρ – плотность почвы, (г/см³)

$\gamma_{об}$ – объемная масса почвы, $\frac{кг}{м^3}$;

μ – жесткость измерительной пружины, кг/мм;

Фот – оплата труда с отчислениями на социальные нужды, руб/га;

A – амортизационные отчисления, руб/га;

Бм – цена рассчитываемого вида техники

Бс – балансовая стоимость машины, руб.;

Ко — коэффициент, учитывающий отчисления

Кд — коэффициент, учитывающий доплаты за качество и результаты работы

Сд — стоимость дополнительной продукции ;

С_{си} — стоимость стандартных покупных изделий;

См — стоимость материалов, руб.

Сч — тарифная ставка по видам работ;

Ц_т — комплексная цена топливно-смазочных материалов

r_m – нормы ежегодных отчислений на ремонты и техобслуживание, %

$K_{прод}^{пр}$ — количество продукции в проектном варианте кг.

$K_{прод}^{баз}$ - количество продукции в базовом варианте, кг.

$C^{\text{баз}}$ — цена продукции в базовом варианте

$I_{\text{эуд}}^{\text{баз}}, I_{\text{эуд}}^{\text{пр}}$ — удельные эксплуатационные издержки

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.1 - Матрица плана Рехтшафнера для 3-х факторного эксперимента

1	-1	-1	-1
2	-1	1	1
3	1	-1	1
4	1	1	-1
5	1	-1	-1
6	-1	1	-1
7	-1	-1	1
8	1	0	0
9	0	1	0
10	0	0	1

Приложение 2

Таблица П.2 - Экспериментальные данные и результаты расчета увеличения влажности почвы уплотненной зоны, %

№	$\Delta W_i, \%$			$\overline{\Delta W_i}, \%$	$(\Delta W_{iq} - \overline{\Delta W_i})^2$			$\Delta W_i, \%$	$\overline{(\Delta W_i - \overline{\Delta W_i})^2}$
	1	2	3		1	2	3		
1	11,3	10,6	9,8	10,6	0,53778	0,00111	0,58778	10,0	0,32111
2	4,5	6,7	6,2	5,8	1,69000	0,81000	0,16000	6,0	0,04000
3	12,4	12,8	12,2	12,5	0,00444	0,11111	0,07111	12,2	0,07111
4	4,2	3,8	5,3	4,4	0,05444	0,40111	0,75111	5,0	0,32111
5	10,0	10,2	9,6	9,9	0,00444	0,07111	0,11111	9,8	0,01778
6	6,4	6,7	5,2	6,1	0,09000	0,36000	0,81000	5,6	0,25000
7	12,8	10,3	11,5	11,5	1,60444	1,52111	0,00111	11,6	0,00444
8	16,7	16,4	15,2	16,1	0,36000	0,09000	0,81000	15,7	0,16000
9	15,7	16,7	15,1	15,8	0,01778	0,75111	0,53778	15,6	0,05444
10	20,9	20,1	19,1	20,0	0,75111	0,00444	0,87111	19,7	0,11111

$$\begin{aligned} \sum_1^N \sum_1^n [y_{iq} - y_i]^2 &= 13,9467 & \sum_1^N (\bar{y}_i - y_i)^2 &= 1,351111 \\ S^2(y) &= 0,6973 & S_{ад}^2 &= 0,6756 \end{aligned}$$

Приложение 3

Таблица П.3 - Результаты расчетов двумерного сечения поверхности отклика относительно факторов (x_1) и (x_2), фактор (x_3) фиксировался на уровне $x_3 = 0,12$.

$x_2 \backslash x_1$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	14,1	15,4	16,5	17,6	18,4	19,2	19,8	20,2	20,6	20,8	20,9	20,8	20,6	20,3	19,9	19,3	18,6	17,7	16,7	15,6	14,4
-0,9	14,7	15,9	17,1	18,1	18,9	19,7	20,3	20,8	21,1	21,3	21,4	21,3	21,1	20,8	20,4	19,8	19,1	18,2	17,3	16,1	14,9
-0,8	15,1	16,4	17,5	18,5	19,4	20,1	20,7	21,2	21,5	21,7	21,8	21,8	21,6	21,3	20,8	20,2	19,5	18,7	17,7	16,6	15,3
-0,7	15,5	16,7	17,9	18,9	19,7	20,5	21,1	21,6	21,9	22,1	22,2	22,1	21,9	21,6	21,2	20,6	19,9	19,0	18,0	16,9	15,7
-0,6	15,8	17,0	18,2	19,1	20,0	20,8	21,4	21,8	22,2	22,4	22,4	22,4	22,2	21,9	21,4	20,8	20,1	19,3	18,3	17,2	15,9
-0,5	16,0	17,2	18,3	19,3	20,2	20,9	21,5	22,0	22,4	22,6	22,6	22,6	22,4	22,1	21,6	21,0	20,3	19,4	18,5	17,4	16,1
-0,4	16,1	17,3	18,5	19,5	20,3	21,1	21,7	22,1	22,5	22,7	22,7	22,7	22,5	22,2	21,7	21,1	20,4	19,5	18,6	17,4	16,2
-0,3	16,1	17,4	18,5	19,5	20,3	21,1	21,7	22,1	22,5	22,7	22,8	22,7	22,5	22,2	21,7	21,1	20,4	19,6	18,6	17,5	16,2
-0,2	16,1	17,3	18,4	19,4	20,3	21,0	21,6	22,1	22,4	22,6	22,7	22,6	22,4	22,1	21,7	21,1	20,4	19,5	18,5	17,4	16,1
-0,1	15,9	17,2	18,3	19,3	20,2	20,9	21,5	22,0	22,3	22,5	22,6	22,5	22,3	22,0	21,5	20,9	20,2	19,3	18,4	17,2	16,0
0	15,7	17,0	18,1	19,1	19,9	20,7	21,3	21,7	22,1	22,3	22,3	22,3	22,1	21,7	21,3	20,7	20,0	19,1	18,1	17,0	15,8
0,1	15,4	16,7	17,8	18,8	19,6	20,4	21,0	21,4	21,8	22,0	22,0	22,0	21,8	21,4	21,0	20,4	19,7	18,8	17,8	16,7	15,4
0,2	15,0	16,3	17,4	18,4	19,3	20,0	20,6	21,1	21,4	21,6	21,6	21,6	21,4	21,1	20,6	20,0	19,3	18,4	17,4	16,3	15,0
0,3	14,6	15,8	17,0	17,9	18,8	19,5	20,1	20,6	20,9	21,1	21,2	21,1	20,9	20,6	20,1	19,5	18,8	17,9	16,9	15,8	14,6
0,4	14,0	15,3	16,4	17,4	18,3	19,0	19,6	20,0	20,4	20,6	20,6	20,6	20,4	20,0	19,6	19,0	18,2	17,4	16,4	15,3	14,0
0,5	13,4	14,7	15,8	16,8	17,6	18,4	18,9	19,4	19,7	19,9	20,0	19,9	19,7	19,4	18,9	18,3	17,6	16,7	15,7	14,6	13,4
0,6	12,7	14,0	15,1	16,1	16,9	17,6	18,2	18,7	19,0	19,2	19,3	19,2	19,0	18,7	18,2	17,6	16,9	16,0	15,0	13,9	12,6
0,7	11,9	13,2	14,3	15,3	16,1	16,9	17,4	17,9	18,2	18,4	18,5	18,4	18,2	17,9	17,4	16,8	16,1	15,2	14,2	13,1	11,8
0,8	11,1	12,3	13,4	14,4	15,3	16,0	16,6	17,0	17,4	17,5	17,6	17,5	17,3	17,0	16,5	15,9	15,2	14,3	13,3	12,2	10,9
0,9	10,1	11,4	12,5	13,5	14,3	15,0	15,6	16,1	16,4	16,6	16,6	16,6	16,4	16,0	15,6	15,0	14,2	13,4	12,4	11,2	10,0
1	9,1	10,3	11,4	12,4	13,3	14,0	14,6	15,0	15,4	15,5	15,6	15,5	15,3	15,0	14,5	13,9	13,2	12,3	11,3	10,2	8,9

Приложение 4

Таблица П.4 - Результаты расчетов двумерного сечения поверхности отклика относительно факторов (x_1) и (x_3), фактор (x_2) фиксировался на уровне $x_2 = -0,32$.

$x_3 \backslash x_1$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	12,2	13,4	14,5	15,5	16,3	17,1	17,6	18,1	18,4	18,6	18,6	18,5	18,3	18,0	17,5	16,9	16,1	15,3	14,3	13,1	11,8
-0,9	12,9	14,1	15,2	16,2	17,0	17,7	18,3	18,8	19,1	19,3	19,3	19,2	19,0	18,7	18,2	17,6	16,9	16,0	15,0	13,8	12,6
-0,8	13,5	14,7	15,8	16,8	17,7	18,4	19,0	19,4	19,7	19,9	20,0	19,9	19,7	19,3	18,9	18,2	17,5	16,6	15,6	14,5	13,2
-0,7	14,0	15,3	16,4	17,4	18,2	18,9	19,5	20,0	20,3	20,5	20,5	20,5	20,3	19,9	19,4	18,8	18,1	17,2	16,2	15,1	13,8
-0,6	14,5	15,8	16,9	17,9	18,7	19,4	20,0	20,5	20,8	21,0	21,0	21,0	20,8	20,4	20,0	19,4	18,6	17,8	16,8	15,6	14,4
-0,5	15,0	16,2	17,3	18,3	19,2	19,9	20,5	20,9	21,2	21,4	21,5	21,4	21,2	20,9	20,4	19,8	19,1	18,2	17,2	16,1	14,8
-0,4	15,3	16,6	17,7	18,7	19,5	20,2	20,8	21,3	21,6	21,8	21,9	21,8	21,6	21,3	20,8	20,2	19,5	18,6	17,6	16,5	15,2
-0,3	15,6	16,9	18,0	19,0	19,8	20,5	21,1	21,6	21,9	22,1	22,2	22,1	21,9	21,6	21,1	20,5	19,8	18,9	17,9	16,8	15,5
-0,2	15,8	17,1	18,2	19,2	20,0	20,8	21,4	21,8	22,2	22,4	22,4	22,4	22,2	21,8	21,4	20,8	20,0	19,2	18,2	17,1	15,8
-0,1	16,0	17,2	18,4	19,4	20,2	20,9	21,5	22,0	22,3	22,5	22,6	22,5	22,3	22,0	21,5	21,0	20,2	19,4	18,4	17,3	16,0
0	16,1	17,3	18,5	19,5	20,3	21,0	21,6	22,1	22,4	22,6	22,7	22,6	22,5	22,1	21,7	21,1	20,4	19,5	18,5	17,4	16,1
0,1	16,1	17,4	18,5	19,5	20,4	21,1	21,7	22,1	22,5	22,7	22,8	22,7	22,5	22,2	21,7	21,1	20,4	19,6	18,6	17,5	16,2
0,2	16,1	17,3	18,5	19,5	20,3	21,1	21,7	22,1	22,5	22,7	22,7	22,7	22,5	22,2	21,7	21,1	20,4	19,6	18,6	17,5	16,2
0,3	16,0	17,2	18,4	19,4	20,2	21,0	21,6	22,0	22,4	22,6	22,7	22,6	22,4	22,1	21,6	21,0	20,3	19,5	18,5	17,4	16,1
0,4	15,8	17,1	18,2	19,2	20,1	20,8	21,4	21,9	22,2	22,4	22,5	22,4	22,3	21,9	21,5	20,9	20,2	19,3	18,4	17,3	16,0
0,5	15,6	16,8	18,0	19,0	19,8	20,6	21,2	21,7	22,0	22,2	22,3	22,2	22,0	21,7	21,3	20,7	20,0	19,1	18,2	17,1	15,8
0,6	15,2	16,5	17,7	18,7	19,5	20,3	20,9	21,4	21,7	21,9	22,0	22,0	21,8	21,5	21,0	20,4	19,7	18,9	17,9	16,8	15,6
0,7	14,9	16,2	17,3	18,3	19,2	19,9	20,5	21,0	21,4	21,6	21,7	21,6	21,4	21,1	20,7	20,1	19,4	18,5	17,6	16,5	15,2
0,8	14,4	15,7	16,9	17,9	18,7	19,5	20,1	20,6	20,9	21,2	21,2	21,2	21,0	20,7	20,3	19,7	19,0	18,1	17,2	16,1	14,8
0,9	13,9	15,2	16,4	17,4	18,3	19,0	19,6	20,1	20,4	20,7	20,8	20,7	20,5	20,2	19,8	19,2	18,5	17,7	16,7	15,6	14,4
1	13,4	14,7	15,8	16,8	17,7	18,4	19,1	19,5	19,9	20,1	20,2	20,2	20,0	19,7	19,2	18,7	18,0	17,1	16,2	15,1	13,8

Приложение 5

Таблица П.5 - Результаты расчетов двумерного сечения поверхности отклика относительно факторов (x_2) и (x_3), фактор (x_1) фиксировался на уровне $x_1 = 0$.

$x_3 \backslash x_2$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	16,5	17,0	17,5	17,9	18,2	18,4	18,6	18,6	18,6	18,5	18,3	18,0	17,7	17,2	16,7	16,1	15,4	14,7	13,8	12,9	11,9
-0,9	17,2	17,8	18,2	18,6	18,9	19,1	19,3	19,3	19,3	19,2	19,0	18,7	18,4	17,9	17,4	16,8	16,1	15,4	14,5	13,6	12,6
-0,8	17,9	18,4	18,9	19,3	19,6	19,8	19,9	20,0	19,9	19,8	19,6	19,4	19,0	18,6	18,0	17,4	16,7	16,0	15,1	14,2	13,2
-0,7	18,5	19,0	19,5	19,9	20,2	20,4	20,5	20,5	20,5	20,4	20,2	19,9	19,6	19,1	18,6	18,0	17,3	16,5	15,7	14,7	13,7
-0,6	19,0	19,5	20,0	20,4	20,7	20,9	21,0	21,0	21,0	20,9	20,7	20,4	20,0	19,6	19,1	18,5	17,8	17,0	16,1	15,2	14,2
-0,5	19,5	20,0	20,5	20,8	21,1	21,3	21,4	21,5	21,5	21,3	21,1	20,8	20,5	20,0	19,5	18,9	18,2	17,4	16,5	15,6	14,6
-0,4	19,9	20,4	20,9	21,2	21,5	21,7	21,8	21,9	21,8	21,7	21,5	21,2	20,8	20,4	19,8	19,2	18,5	17,7	16,9	15,9	14,9
-0,3	20,2	20,7	21,2	21,5	21,8	22,0	22,1	22,2	22,1	22,0	21,8	21,5	21,1	20,7	20,1	19,5	18,8	18,0	17,2	16,2	15,2
-0,2	20,5	21,0	21,4	21,8	22,1	22,3	22,4	22,4	22,4	22,2	22,0	21,7	21,4	20,9	20,4	19,7	19,0	18,2	17,4	16,4	15,4
-0,1	20,7	21,2	21,6	22,0	22,3	22,5	22,6	22,6	22,5	22,4	22,2	21,9	21,5	21,1	20,5	19,9	19,2	18,4	17,5	16,6	15,5
0	20,8	21,3	21,8	22,1	22,4	22,6	22,7	22,7	22,7	22,5	22,3	22,0	21,6	21,2	20,6	20,0	19,3	18,5	17,6	16,6	15,6
0,1	20,9	21,4	21,8	22,2	22,4	22,6	22,7	22,8	22,7	22,6	22,3	22,0	21,6	21,2	20,6	20,0	19,3	18,5	17,6	16,6	15,6
0,2	20,9	21,4	21,8	22,2	22,4	22,6	22,7	22,7	22,7	22,5	22,3	22,0	21,6	21,1	20,6	20,0	19,2	18,4	17,6	16,6	15,5
0,3	20,8	21,3	21,7	22,1	22,4	22,5	22,6	22,7	22,6	22,4	22,2	21,9	21,5	21,0	20,5	19,8	19,1	18,3	17,4	16,5	15,4
0,4	20,7	21,2	21,6	21,9	22,2	22,4	22,5	22,5	22,4	22,3	22,1	21,7	21,3	20,9	20,3	19,7	18,9	18,1	17,3	16,3	15,2
0,5	20,5	21,0	21,4	21,7	22,0	22,2	22,3	22,3	22,2	22,1	21,8	21,5	21,1	20,6	20,1	19,4	18,7	17,9	17,0	16,0	15,0
0,6	20,2	20,7	21,1	21,5	21,7	21,9	22,0	22,0	21,9	21,8	21,5	21,2	20,8	20,3	19,8	19,1	18,4	17,6	16,7	15,7	14,7
0,7	19,9	20,4	20,8	21,1	21,4	21,6	21,6	21,6	21,6	21,4	21,2	20,9	20,4	20,0	19,4	18,7	18,0	17,2	16,3	15,3	14,3
0,8	19,5	20,0	20,4	20,7	21,0	21,1	21,2	21,2	21,2	21,0	20,7	20,4	20,0	19,5	19,0	18,3	17,6	16,8	15,9	14,9	13,8
0,9	19,0	19,5	19,9	20,3	20,5	20,7	20,7	20,7	20,7	20,5	20,3	19,9	19,5	19,0	18,5	17,8	17,1	16,2	15,3	14,4	13,3
1	18,5	19,0	19,4	19,7	20,0	20,1	20,2	20,2	20,1	19,9	19,7	19,4	19,0	18,5	17,9	17,2	16,5	15,7	14,8	13,8	12,7

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 221726

Полольная лапа

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Мартынов Иван Сергеевич (RU), Шапров Михаил Николаевич (RU), Бородин Виталий Игоревич (RU), Мартынов Алексей Иванович (RU), Гузенко Елена Юрьевна (RU)*

Заявка № **2023119911**

Приоритет полезной модели **27 июля 2023 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **21 ноября 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает **27 июля 2033 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 236740**Полольная лапа**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Мартынов Иван Сергеевич (RU), Шапров Михаил Николаевич (RU), Бородин Виталий Игоревич (RU), Садовников Михаил Алексеевич (RU), Мартынов Алексей Иванович (RU)*

Заявка № **2025108062**Приоритет полезной модели **31 марта 2025 г.**Дата государственной регистрации
в Государственном реестре полезныхмоделей Российской Федерации **19 августа 2025 г.**

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает **31 марта 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ

НАГРАЖДАЕТСЯ

БОРОДИН ВИТАЛИЙ ИГОРЕВИЧ

Научный руководитель – Шапров М.Н., д.т.н., профессор

**ЗА ПОБЕДУ В I ЭТАПЕ
ВСЕРОССИЙСКОГО КОНКУРСА НА ЛУЧШУЮ
НАУЧНУЮ РАБОТУ СРЕДИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ АГРАРНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ**

В НОМИНАЦИИ

«Машины и оборудование для АПК (молодые ученые)»

Ректор
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ



Цепляев В.А.

г. Волгоград
2023г.





АГРОМИР БУДУЩЕГО:
ЖИТЬ И РАБОТАТЬ В АПК



**МИНОБРНАУКИ
РОССИИ**



**ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



НсО
Волгоградский ГАУ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Волгоградский государственный аграрный университет»

ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ

НАГРАЖДАЮТСЯ

МАРТЫНОВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ
к.т.н., доцент, Волгоградский ГАУ
ШАПРОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ
д.т.н., профессор, Волгоградский ГАУ
БОРОДИН ВИТАЛИЙ ИГОРЕВИЧ
магистрант, Волгоградский ГАУ
МАРТЫНОВ АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ
студент, Волгоградский ГАУ

за выступление на
НАЦИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
**«НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОГО
РАЗВИТИЯ АПК И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ»**

Секция «Эффективность использования техники и технологии в
сельскохозяйственном производстве»

28 ноября 2025 г.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Ректор Волгоградского ГАУ



В.А. Цепляев



АГРОМИР БУДУЩЕГО:
ЖИТЬ И РАБОТАТЬ В АПК



**МИНОБРНАУКИ
РОССИИ**



**ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



НсО
Волгоградский ГАУ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Волгоградский государственный аграрный университет»

ДИПЛОМ

I СТЕПЕНИ

НАГРАЖДАЮТСЯ

МАРТЫНОВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ

к.т.н. доцент

БОРОДИН ВИТАЛИЙ ИГОРЕВИЧ

аспирант

ШАПРОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ

д.т.н., профессор

МАРТЫНОВА АННА АЛЕКСЕЕВНА

к. с.-х. н., н.с.

за выступление на

**МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ
КОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ»**

*Секция «Эффективное использование техники в сельскохозяйственном
производстве»*

26-27 февраля 2026 г.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Ректор Волгоградского ГАУ



В.А. Цепляев

Настоящий акт составлен по результатам внедрения у индивидуального предпринимателя Икоева Николая Львовича модернизированных полольных лап для секций пропашного культиватора КРН-4,2(5,6), разработанных в рамках выполнения диссертационной работы аспирантом кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ Бородиным Виталием Игоревичем на тему «Совершенствование междурядной обработки бахчевых культур за счет применения модернизированных полольных лап».

Предприниматель



Икоев Н.Л.

Ответственный за внедрение,
аспирант кафедры БЖД

Бородин В.И.

Общество с ограниченной ответственностью

«АГРО-ПРОГРЕСС»

403013, Волгоградская область, Городищенский район, п. Областной с/х опытной станции,
ул. Центральная, 100

ИНН 3403021471 КПП 340301001 ОГРН 1063455046511 ОКПО 95240971

Р/счет 40702810911000090074 в Волгоградское ОСБ № 8621 г. Волгоград

БИК 041806647, Корсчет 30101810100000000647

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящий акт составлен по результатам внедрения в ООО «Агро-Прогресс» модернизированных полольных лап для секций пропашного культиватора КРН-4,2(5,6), разработанных в рамках выполнения диссертационной работы аспирантом кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ Бородиным Виталием Игоревичем на тему «Совершенствование междурядной обработки бахчевых культур за счет применения модернизированных полольных лап».



Генеральный директор

ООО «Агро-Прогресс»

Бакалдин В.В.

Ответственный за внедрение,
аспирант кафедры БЖД

Бородин В.И.

Общество с ограниченной ответственностью

«АГРО-ПРОГРЕСС»

403013, Волгоградская область, Городищенский район, п. Областной с/х опытной станции,
ул. Центральная, 100

ИНН 3403021471 КПП 340301001 ОГРН 1063455046511 ОКПО 95240971

Р/счет 40702810911000090074 в Волгоградское ОСБ № 8621 г. Волгоград

БИК 041806647, Корсчет 30101810100000000647

Акт испытаний

Комиссия в составе: Генерального директора ООО «Агро-Прогресс» Бакалдина Валерия Васильевича, профессора кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ – Шапрова М.Н., доцента кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ – Мартынова И.С., аспиранта кафедры «Безопасность жизнедеятельности» - Бородина В.И. составила настоящий акт о том что в мае 2025 года на полях ООО «Агро-Прогресс» были проведены полевые испытания модернизированных полольных лап пропашного культиватора установленные на опытном культиваторе КРН 4.2 с шириной захвата 4.2 м. Целью испытаний являлась повышение эффективности технологии междурядной обработки бахчевых культур за счет совершенствования конструкции полольных лап позволяющая повышать влажность почвы в прикорневой зоне.

При использовании модернизированных полольных лап в секции культиваторного МТА было зафиксировано:

- увеличение влажности почвы в прикорневой зоне на 20-23%;
- повышение динамики развития арбуза:
- шатрик - на 5-7 дней;
- плетеобразования - на 6-9;
- появление завязей - на 7-10 дней;
- увеличение урожайности на 5%.



Генеральный директор

ООО «Агро-Прогресс»

Бакалдин В.В.