

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»  
Институт механизации и технического сервиса  
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе  
Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия  
Магистерская программа – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

**ТЕМА: Исследование агротехнических показателей рабочего органа  
культиватора для предпосевной обработки почвы**

Студент магистратуры \_\_\_\_\_ Фасхутдинов  
Р.Р.

Научный руководитель,  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Вафин Н.Ф.

Рецензент  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
Шайхутдинов Р.Р.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.

Заведующий кафедрой  
«Эксплуатация и ремонт машин» \_\_\_\_\_ Адигамов Н.Р.

Казань – 2018

## АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Фасхутдина Раиса Рустамовича на тему «Исследование агротехнических показателей рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы»

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) состоит из пояснительной записи на 76 листах машинописного текста.

Пояснительная записка состоит из введения, 4 разделов, общих выводов и включает 19 рисунков, 1 таблиц, список литературы содержит 49 наименований.

В первом разделе пояснительной записи проведен литературно-патентный анализ почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы.

В втором разделе пояснительной записи рассматриваются теоретические вопросы, связанные с анализом воздействия рабочих органов культиваторов на почву.

В третьем разделе пояснительной записи приведена существующая методика исследований агротехнических показателей почвообрабатывающих машин.

В четвертом разделе проведены сравнительные исследования агротехнических показателей работы культиваторов.

Пояснительная записка заканчивается общими выводами.

## ABSTRACT

master thesis Faskhutdinova Raisa of Rustamovich on the topic "Study of agronomic performance of the working body of the cultivator for seedbed preparation»

Final qualifying work (master's thesis) consists of an explanatory note on 76 sheets of typewritten text.

The explanatory note consists of an introduction, 4 sections, General conclusions and includes 19 figures, 1 table, the list of references contains 49 titles.

In the first section of the explanatory note, a literary and patent analysis of tillage machines for pre-tillage was carried out.

The second section of the explanatory note deals with theoretical issues related to the analysis of the impact of working bodies of cultivators on the soil.

In the third section of the explanatory note shows the existing research methodology of agricultural indicators tillage machines.

In the fourth section, comparative studies of agricultural performance of cultivators.

The explanatory note ends with General conclusions.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КОНСТРУКЦИЙ КУЛЬТИВАТОРОВ.....	6
1.1 Основные агротехнические и технологические показатели предпосевной обработки почвы.....	6
1.2 Анализ конструкций машин для предпосевной обработки почвы.	7
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1 Теоретический анализ воздействия рабочих органов культиваторов на почву.....	37
2.1.1 Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву.....	37
2.1.2 Особенности воздействия рабочих органов культиватора на почву.....	40
2.2. Получение деформационного поля при взаимодействии рабочего органа с почвой.....	45
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	48
3.1 Методика планирования эксперимента.....	48
3.2 Методика полевых опытов.....	54
3.2.1 Цель и программа полевых опытов.....	54
3.2.2 Методика исследования агротехнических показателей работы.....	55
3.2.3 Методика обработки результатов полевых опытов.....	59
3.2.4 Методика определения погрешности измерений и повторности экспериментов.....	60
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	65
4.1 Исследование агротехнических показателей работы культиватора	65
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	70
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	71

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Предпосевная обработка представляет собой один из основных агротехнических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур. От качества предпосевной обработки существенно зависит полевая всхожесть семян и, соответственно, будущий урожай. В этой ситуации, меры, направленные на существенное повышение эффективности предпосевной обработки почвы, как фундамента всего технологического процесса производства продукции растениеводства на основе обоснованных технических решений, являются актуальными.

Достижения ученых и передовая практика в области обработки почвы доказали, что среди комплексных агротехнических мероприятий, направленных на получение устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур, качественная поверхностная обработка почвы играет первостепенную роль. Только при ней в почве создаются оптимальные условия для физических, химических и биологических процессов, которые увеличивают эффективность таких мер, как севообороты, внесение удобрений и др. Она же создает благоприятные условия работы для посевных и уборочных машин, способствует улучшению охраны труда, экономии топлива и сохранности сельскохозяйственной техники. Учитывая исключительную важность поверхностной обработки почвы, ученые и практики как в нашей стране, так и за рубежом работают над созданием комбинированных машин и агрегатов, позволяющих сократить число проходов по полю, а также повысить качество обработки.

**Цель работы.** Исследовать агротехнические показатели работы рабочих органов культиваторов для предпосевной обработки почвы.

**Объект исследования.** Агротехнические показатели предпосевной обработки почвы.

**Предмет исследования.** Культиваторы для предпосевной обработки почвы.

**Методы исследования.** Полевые исследования агротехнических показателей предпосевной обработки почвы проводились в хозяйстве ООО «Хаерби» Лаишевского муниципального района РТ.

**Научная новизна работы.**

- изучены агротехнические показатели машин для предпосевной обработки почвы
- изучены процессы взаимодействия рабочих органов машин для предпосевной обработки почвы
- зависимости качества предпосевной обработки почвы от скорости движения агрегата
- результаты полевых исследований

**Практическая ценность:**

Результаты исследований используются в ООО «Хаерби» Лаишевского муниципального района Республики Татарстан

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- теоретические и производственные исследования почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы;
- результаты сравнительных исследований.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех разделов, общих выводов, списка литературы.

Работа изложена на \_\_\_\_ страницах машинописного текста, содержит \_\_\_\_ таблиц, \_\_\_\_ рисунков, \_\_\_\_.

Список литературы включает \_\_\_\_ наименований.

# 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КОНСТРУКЦИЙ КУЛЬТИВАТОРОВ

## 1.1 Основные агротехнические и технологические показатели предпосевной обработки почвы

Наиболее значительные требования выдвигаются к основным видам поверхностной обработки почвы, в частности, к предпосевной обработке, к операциям культивации и боронования. С целью создания благоприятных условий для роста растений: уменьшения потерь влаги; уничтожения сорных растений и создания хороших агротехнических условий для посева семян сельскохозяйственных культур, вышеуказанные виды обработки выполняются культиваторами, лущильниками, боронами, фрезами и катками.

Качественное выполнение поставленных задач возможно только при наличии большого набора различных машин и агрегатов, а также при рациональном их использовании с учетом биологических потребностей развития семян и растений. Поэтому необходимо рассмотреть агротехнические требования, выдвигаемые к ним:

а) основные агротехнические требования, предъявляемые к предпосевной обработке почвы, исходят из следующих положений:

- поверхностный слой почвы должен быть рыхлым, а её структурный состав - мелкокомковатым;
- поверхность поля должна быть ровной, без гребней, борозд и глыб, так как их наличие отрицательно сказывается на качестве посева, увеличивает поверхность испарения влаги и ведёт к иссушению почвы;
- толщина взрыхленного слоя должна зависеть от рельефа его поверхности. При неровной толщине взрыхленного слоя почвы трудно достигнуть одинаковой глубины заделки семян, что влечет за собой неравномерное развитие растений;

- глубина предпосевной обработки почвы должна быть постоянной, её отклонение от заданной не должно превышать  $\pm 2,0\text{см}$ ;
- сорняки должны быть уничтожены полностью.

б) при культивации необходимо выполнять следующие агротехнические требования:

- культивация должна проводиться в установленные сроки на заданную глубину (до 12 см) (или на глубину заделки семян);
- верхний слой почвы должен быть мелкокомковатым;
- глубина рыхления должна быть равномерной, при этом неравномерность глубины обработки не должно превышать  $\pm 1\text{см}$ ;
- дно борозды и поверхность поля после культивации должны быть ровными; при этом высота гребней верхнего взрыхлённого слоя должна быть не более 4 см;
- не выворачивать нижний влажный слой почвы;
- сорные растения должны быть подрезаны полностью.

в) боронование должно удовлетворять следующим основным агротехническим требованиям:

- поверхностное рыхление после пахоты на глубину не менее 3...4 см чтобы структура почвы была мелкокомковатой;
- крошение почвенных глыб на мелкие комья размером не более 2...3 см;
- выравнивание гребней, получившихся при вспашке;
- повреждение культурных растений при бороновании озимых, пропашных культур и многолетних трав не более 3...5% ;
- уничтожение почвенной корки и сорной растительности.

## 1.2 Анализ конструкций машин для предпосевной обработки почвы

Для проведения поверхностной обработки почвы применяются различные машины и агрегаты, не в полной мере удовлетворяющие предъявляемым агротехническим требованиям. Из них наибольшее распространение получили культиваторы, предназначенные для рыхления почвы с одновременным уничтожением сорняков, а также бороны и другие.

Обзор литературных источников показывает, что современные рабочие органы, выпускаемые промышленностью и находящиеся в стадии разработки и исследования, по конструктивным особенностям, подразделяются на три основные группы: пассивные, ротационные (активные, реактивные) и комбинированные (колебательные, реактивно-вibrationные и др.).

Также, из обзора литературных источников видно низкое качество работы культиваторов из-за отсутствия соответствующих рабочих органов к ним, в полной мере удовлетворяющих требования агротехники, а также из-за неправильного выбора типа и формы рабочих органов применительно к почвенно-климатическим условиям.

Анализ трудов зарубежных специалистов показал, что геометрические параметры рабочих органов почвообрабатывающих машин могут быть оптимизированы по минимальному тяговому сопротивлению, затраты энергии и другим критериям с помощью математических моделей.

Практика возделывания сельскохозяйственных культур показывает, что многие различия в конструкции культиваторов и параметров их рабочих органов (форма, масса, размеры, расстояние между ними), влияют на качество подготовки семенного ложа, распределение комков почвы.

Из обзора литературных источников следует, что теоретические и экспериментальные работы в области развития машин для предпосевной обработки почвы, в частности рабочих органов

культиваторов, рассматриваются в следующих направлениях:

1. Обоснование и определение рациональных форм и геометрических

параметров лап, особенно рабочей поверхности и режущей кромки, в соответствии с требованиями агротехники.

2. Получение силовых характеристик, необходимых для определения энергетических показателей и расчета деталей и узлов культиватора на прочность.

3. Снижение энергоёмкости процесса рыхления, повышение производительности и качества обработки почвы.

4. Соблюдение равномерности глубины хода рабочих органов культиваторов.

Вышеуказанное деление следует считать условным, так как геометрические параметры, качественные показатели работы и другие характеристики находятся во взаимной связи и взаимозависимости.

В связи с этим в своих работах ещё В.П. Горячкин неоднократно указывал, что теория всякого орудия должна отвечать на два вопроса:

1) какую форму должны иметь работающие части орудия для наиболее совершенной по качеству работы;

2) каковы должны быть размеры и расположение всех составных частей орудия для наиболее удобного управления ими при возможно малой затрате усилия.

К основным параметрам рабочих органов культиватора обычно относят – боковую и поперечную формы, которые влияют как на качество обработки почвы, так и на их сопротивление движению. Г.Н. Синеоков неоднократно указывал на необходимость исследования и изыскания рациональных

форм рыхлительных рабочих органов.

При выборе форм, разработке и обосновании типоразмеров лап Г.Н. Синеоковым впервые исследованы вопросы технологического процесса работы полольных лап с учетом состояния почвенной среды и физико-механических свойств подземных частей сорных растений, проведено плоскостное динамометрирование лап, разработаны методы

проектирования и расчета рабочих органов. Однако здесь криволинейная форма рабочей поверхности полольных лап не рассматривается.

Обоснование формы, применительно к рыхлительным рабочим органам, в зависимости от физико-механических свойств почвы и качественных показателей работы, приведено в работах А.В. Баукова и А.С. Кушнарева. Данная задача по обоснованию рациональной формы рабочей поверхности рыхлительных рабочих органов культиваторов решается ими на принципах и методах механики сплошных сред. Однако и здесь форма рабочей поверхности лапы не обоснована, а форма её режущей кромки осталась прежней – в виде прямой линии.

Также в работах ряда исследователей наметилось направление изменения конструктивного оформления рабочих органов культиватора, в частности, лап для сплошной обработки. Отличительной чертой всех изменений является то, что они были направлены на конструктивное изменение угла сдвига пласта.

Впервые В.П. Горячкиным разработаны основы теории рабочих органов культиваторов. Сюда, в первую очередь, следует отнести его работы по исследованию трехгранного плоского клина. Дальнейшее развитие вопросы теории отражены в работах В.С. Жегалова, А.В. Желиговского, Г.Н. Синеокова, К.М. Короленко, Л.И. Воробьева и ряда других авторов.

Теория резания лезвием в сельскохозяйственных машинах рассматривался также в работах В.П. Горячина, где особое значение придаётся скользящему движению лезвия по разрезаемому материалу и при этом отмечается большой эффект.

В ранее опубликованных работах сделаны попытки раскрыть физическую сущность процессов, происходящих при резании и установить силовую картину взаимодействия в зависимости от состояния и геометрии режущей кромки.

Необходимо заметить, что в этих работах не обращалось внимание на влияние формы самого лезвия на обрабатываемый материал.

В последнее время, вопросам устойчивости хода рабочих органов культиваторов и повышения рабочих скоростей, занимались П.М. Василенко, П.Т. Евдотьев и ряд других авторов.

Кроме того, как указывают П.М. Василенко и П.Т. Бабий, степень устойчивости хода рабочих органов культиватора зависит от равновесия действующих на рабочий орган сил и соотношения параметров звеньев механизма крепления рабочего органа к раме культиватора, а также

конструкции рабочего органа.

Вопросы влияния поступательной скорости движения агрегата на глубину хода почвообрабатывающих и посевных машин были рассмотрены И.С. Верниковым, К.И. Жукевичем и др.. Они указывают, что при увеличении скорости рабочие органы стремятся к выглублению. При этом устойчивость хода серийных культиваторов с шарнирным креплением лап к раме скорость может быть допущена до 10,2 ...10,9 км/час, а П.Т. Бабий считает возможным повышение поступательной скорости только до 7,2 км/час.

Известны три группы стрельчатых лап, выпускаемых промышленностью в настоящее время, отличающихся углом раствора: для черноземных почв -  $2\gamma = 50^0...58^0$ , для средних условий -  $2\gamma = 60^0...78^0$ , для песчаных почв -  $2\gamma = 70^0...80^0$ .

Практика показывает, что и при таких параметрах лап наблюдается обволакивание лезвий сорной растительностью.

Для уменьшения забивания лап сорняками, А.В. Чумаком и Л.И. Воробьевым была предложена криволинейная форма режущей кромки. Однако, они считают, что это ухудшает качество работы лап, т.к. за счет уменьшения угла раствора на конце крыла увеличивается пропуск неподрезанных сорняков.

С целью уменьшения забивания К.М.Короленко предложил расчленить широкозахватные лапы на несколько узкозахватных лап путём

образования ступеней на лезвии. При этом, по мнению автора, вырванные сорняки при переходе со ступени на ступень должны испытывать удар, в результате которого должна возрастать сила, способствующая сбрасыванию сорняков с лезвия.

Показатели качества работы существующих лап культиваторов на повышенных скоростях нашли отражение в работах М.Е. Демидко, Я.М Жука и В.Ф. Рубина, П.Е. Никифорова, А.С. Кириченко, Н.М. Ибрагимова, Пржигода и других авторов.

В этих работах в большинстве случаев намечаются направления изменения параметров рабочих органов культиватора и указывается на необходимость создания новых форм рабочих органов для обеспечения качественного рыхления почвы, снижения энергоёмкости рабочего процесса и уничтожения сорняков.

Следует отметить, что изучением работы комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов, а также разработкой, обоснованием типа рабочих органов к ним занимались очень многие отечественные и зарубежные исследователи. Например, В.Н. Дроздов исследовал технологический процесс работы комбинированных орудий для предпосевной обработки почвы; А.А. Вилде, А.Х. Цесниекс, исследовали работу и тяговое сопротивление комбинированных агрегатов на предпосевной культивации зяби; Л.Ф. Жук обосновал типы рабочих органов и технологическую схему комбинированного почвообрабатывающего агрегата; Щербина П.А., Семенов П.Ю. обосновали конструктивно - технологическую схему и параметры рабочих органов комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы; Воробьев В.И. исследовал тяговое сопротивление и технологические показатели комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева зерновых, а также Гайнанов Х.С., Мазитов Н.К., Сердечный А.Н., Матяшин Ю.И., Козырев Б.М., занимались современными и перспективными комбинированными

почвообрабатывающими машинами путем совмещения механизированных операций в земледелии и разработали подобные машины.

Многими работами обоснована целесообразность совмещения операций предпосевной обработки почвы, доказана их агротехническая и экономическая эффективность.

Наиболее характерными методами при обосновании параметров рабочих органов и конструктивно-технологических схем комбинированных орудий являются: экспериментальные, систематико-экспериментальные, экспериментально-теоретические и теоретические.

В работах в зависимости от целей обработки почвы выбирается набор рабочих органов, выполняющих операции предпосевной обработки и из них получают несколько вариантов комбинированных орудий, которые подвергаются исследованиям и сравнительному анализу. Затем выбираются наиболее рациональные схемы агрегата, а имеющиеся агротехнические требования и сложившаяся практика проведения предпосевной подготовки почвы позволяют оценить эффективность предложенной конструктивно-технологической схемы.

Кроме того, известны работы по общей динамике комбинированных агрегатов в которых дан анализ их работы и определена рациональная схема расстановки рабочих органов. При этом в процессе исследования большое внимание уделяется обоснованию рациональных параметров рабочих органов, выполняющих операции предпосевной подготовки почвы и используемых в комбинированных машинах.

Достижения ученых и передовая практика в области обработки почвы доказали, что среди комплексных агротехнических мероприятий, направленных на получение устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур, качественная поверхностная обработка почвы играет первостепенную роль. Только при ней в почве создаются оптимальные условия для физических, химических и биологических процессов, которые увеличивают эффективность таких мер, как

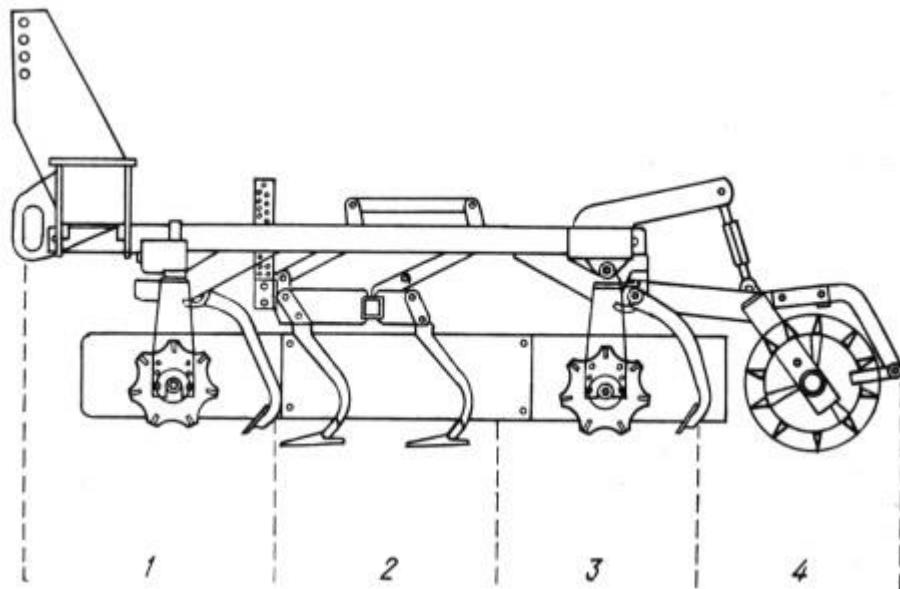
севообороты, внесение удобрений и др. Она же создает благоприятные условия работы для посевных и уборочных машин, способствует улучшению охраны труда, экономии топлива и сохранности сельскохозяйственной техники. Учитывая исключительную важность поверхностной обработки почвы, ученые и практики как в нашей стране, так и за рубежом работают над созданием комбинированных машин и агрегатов, позволяющих сократить число проходов по полю, а также повысить качество обработки.

Защита почвы от чрезмерного разрушения и уплотнения, сохранение почвенной влаги для того, чтобы семена были уложены во влажную среду, полная загрузка энергонасыщенных тракторов, а также необходимость проведения посева сельскохозяйственных культур в кратчайшие агротехнические сроки определили создание комбинированных агрегатов. Использование таких агрегатов имеет особое значение в условиях недостаточного увлажнения и на почвах, подверженных водной и ветровой эрозии.

Рассмотрим несколько комбинированных агрегатов предпосевной обработки почвы.

Комбинированный агрегат «Компактор» фирмы «Лемкен» (ФРГ) (рисунок 1.1). Обеспечивает за один проход выравнивание, рыхление и прикатывание, создавая оптимальную структуру поверхности почвы и семенного ложа. Передний пластинчатый выравнивающий каток в сочетании с режущей планкой и рыхлителями следов трактора выравнивает поверхность даже в затрудненных условиях, например, при глубокой колее колес или значительной гребнистости пахоты. Глубина хода пластин катка регулируется специальными винтами. Режущие планки оборудованы пружинными предохранителями, аналогичные предохранители защищают рыхлители следов. Два ряда стрельчатых лап, защищенных от перегрузок и камней срезными болтами, обеспечивают качественное рыхление почвы, а параллелограммное крепление выравнивающих планок очень точно регулирует глубину обработки. Задний крошащий каток в сочетании с

режущей планкой и боковыми пластинами измельчает и крошит глыбы и крупные комки.



1) выравнивание; 2) рыхление; 3) крошение; 4) уплотнение

Рисунок 1.1 - Технологическая схема агрегата «Компактор»

Тяжелый стальной кольчато-шпоровый каток с эксцентрично расположеннымными кольцами обеспечивает оптимальное повторное уплотнение почвы на глубине заделки семян. Давление, оказываемое на почву катком, регулируется ступенчатым положением рамы катка относительно рамы агрегата. На тяжелых почвах рекомендуется применение специальных зубьев, жестко закрепленных на раме, причем интервал их расстановки различен. Так до глубины 12 см интервал должен быть 11 см, а для обработки с глубиной от 2 до 8 см – 5 см. При работе на почвах, засоренных камнями, жесткое крепление рабочих органов агрегата заменяется на крепление с пружинными предохранителями.

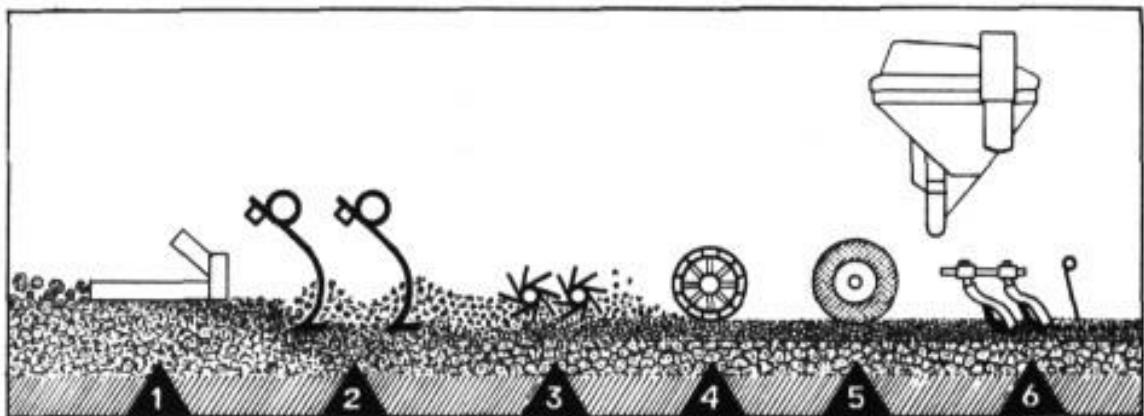
Технические характеристики установки приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Техническая характеристика агрегата «Компактор»

Требуема	Тип	Рабоч	Интер	Число	Масса
----------	-----	-------	-------	-------	-------

я мощность, кВт (л.с.)		ая ширина, см	вал, см	ячеек зубьев	, кг
74 (100)	S 300	300	25	2x150/ 12	1424
96 (130)	S 400	400	25	2x200/ 16	1650
96 (130)	K 400	400	25	2x200/ 16	1820
С полунавесным устройством					
74 (100)	S 300	300	25	2x150/ 12	1900
96 (130)	S 400	400	25	2x200/ 16	2120
132 (180)	K 500	500	25	1x200, 2x150/24	2970
147 (200)	K 600	600	25	4x150/ 24	3570

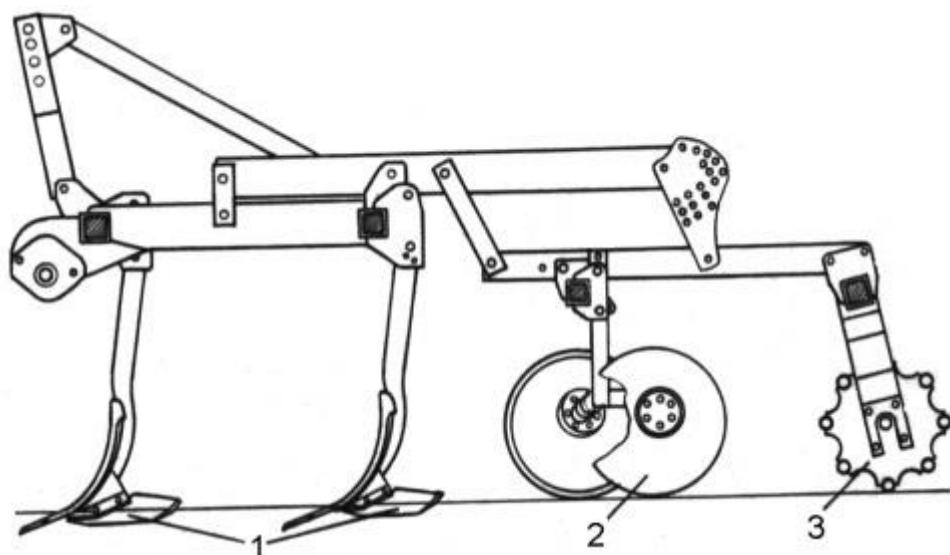
Комбинированный агрегат «Штернтиллер» (рисунок 1.2) обеспечивает хорошее крошение глыб и комков за счет использования в комбинации рабочих органов специально выполненных игольчатых катков. Фирма «Рау» производит «Штернтиллеры» с шириной захвата 2,5; 3; 4; 4,5 и 6 м и потребляемой тяговой мощностью 85, 100, 140, 180, 210 л.с. Агрегат может быть оборудован навесным устройством для сеялки, в этом случае он работает как почвообрабатывающее-посевной.



1) выравниватель; 2) пружинные стрельчатые лапы; 3) игольчатый двухсекционный каток; 4) уплотняющий кольчачо-шпоровый каток; 5), 6) навесная сеялка.

Рисунок 1.2 - Технологическая схема агрегата «Штернтиллер»

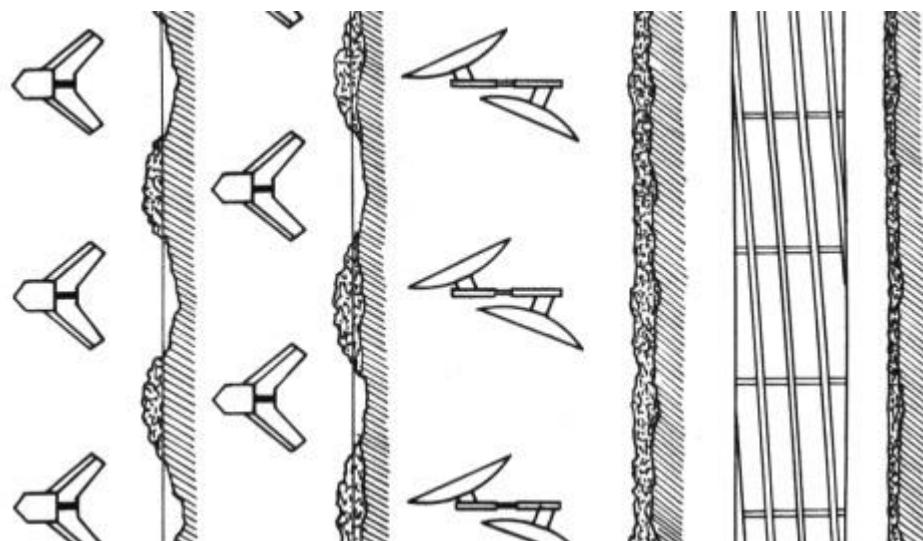
Комбинированный агрегат «Смарагд» фирмы «Лемкен» (рисунок 1.3) (аналог «Рау-Полимаг») предназначен для безотвальной обработки почвы под сев озимых по стерне, а также после пропашных культур. Принцип работы агрегата показан на технологической схеме (рисунок 1.4). Установленная на стойки с рабочими органами, пружинная защита от камней при встрече лапы с препятствием смещается вверх, а после преодоления ее автоматически



1) сменные крыловидные лемеха; 2) наклонные сферические диски; 3) трубчато-ребристый каток.

Рисунок 1.3 - Агрегат «Смарагд»

возвращается в рабочее положение. Дополнительный эффект этого устройства – вибрационное воздействие на почву. Вследствие возникающего при работе сопротивления, стойки и лапы начинают вибрационное воздействие на почву, благодаря чему почва легче вспушивается и лучше разрыхляется. Все модификации «Смарагда» оснащены дополнительно предохранительным срезным болтом.



а) подрезание, рыхление и интенсивное перемешивание почвы по всей ширине захвата; б) выравнивание, перемешивание и размельчение почвы и растительного покрова; в) оптимальное прикатывание почвы при установленной рабочей глубине.

Рисунок 1.4 - Технологическая схема работы агрегата «Смарагд»

Рассмотрим несколько патентных разработок.

Рассмотрим патент № 2460265 – многофункциональный комбинированный почвообрабатывающий агрегат (рисунок 1.5), который предназначен для послеуборочной обработки почвы и паров с одновременным разрушением плужной подошвы.

Данный агрегат одновременно со щелеванием плужной подошвы обеспечивает разрушение уплотненного слоя почвы, образующейся на стенках щелей, формируемых в плужной подошве в процессе щелевания.

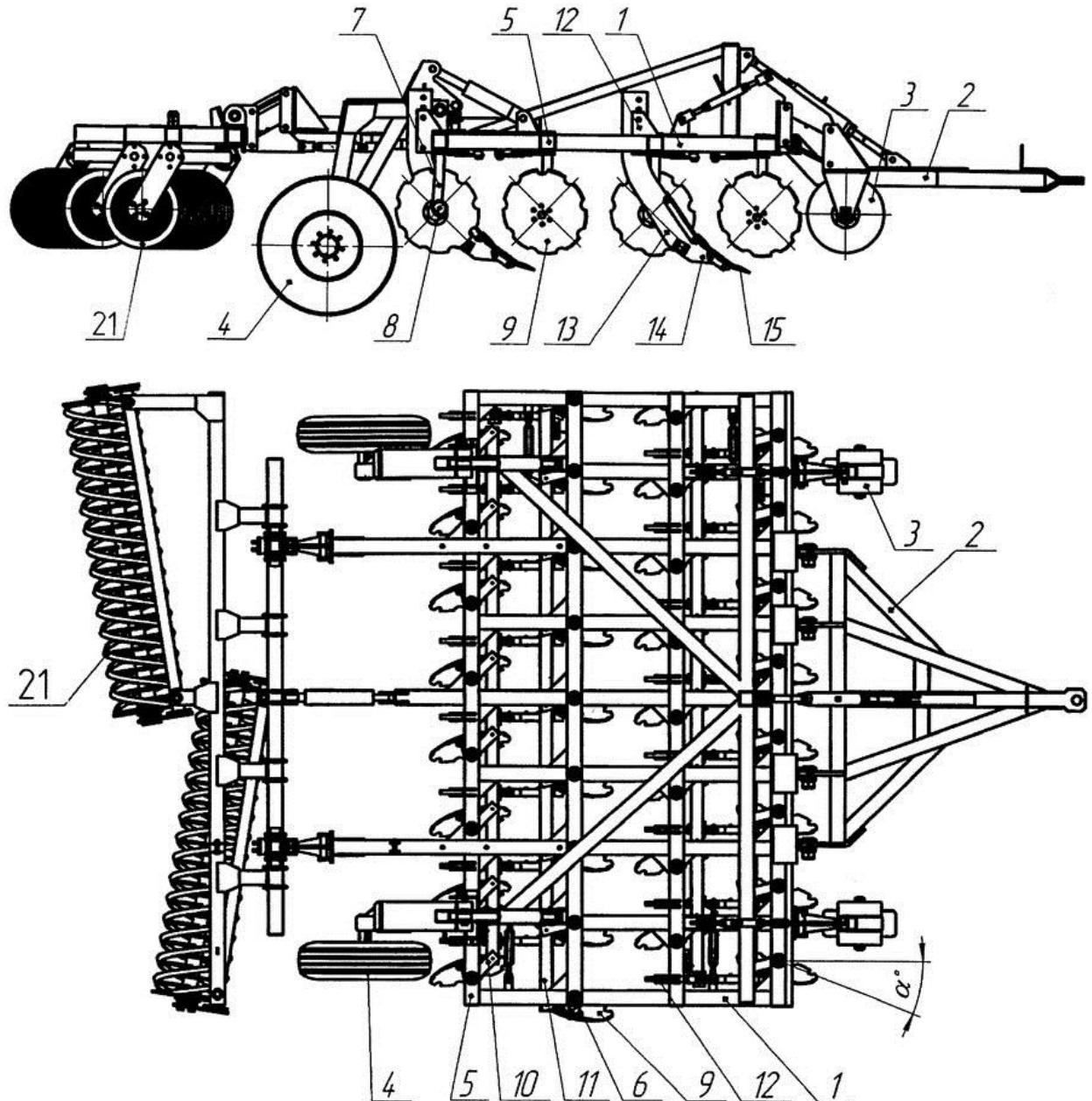


Рисунок 1.5 - Патент № 2460265

Почвообрабатывающий агрегат содержит раму 1, прицеп 2, колеса технологические передние 3, колеса задние транспортно-технологические 4, поперечные брусья 5, в которых смонтированы в определенном порядке подшипники скольжения 6, устанавливаемые в них стойки 7 с осями 8 на концах и установленные на осях 8 с возможностью вращения сферические диски 9, на верхних концах всех стоек 7 неподвижно закреплены поводки 10, которые, в свою очередь, шарнирно соединены с тягами 11, установленными

с возможностью перемещаться и фиксации вдоль поперечных брусьев 5, количество тяг 11 соответствует количеству поперечных брусьев 5. Сферические диски 9 установлены с изменяемым углом атаки и углом наклона. Угол атаки изменяется путем перемещения тяги 11 в ту или иную сторону, при этом шарнирно соединенные с ней поводки 10 поворачиваются, поворачивая стойки 7 и вместе с ними сферические диски 9. На втором и четвертом поперечных брусьях 5 рамы 1, при начале счета поперечных брусьев от прицепа 2, посередине, симметрично, между всеми подшипниками скольжения 6 закреплены неподвижно парные кронштейны с отверстиями 12, в которых могут быть установлены съемные стойки глубокорыхлители 13, которые в нижних частях переходят в рыхлительные зубья 14, рабочие поверхности которых составляют к горизонтальной плоскости угол  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$  и защищены быстросъемными износостойкими накладками с долотами 15, рабочие поверхности долот заходят за нижние концы рыхлительных зубьев 14 и составляют угол с горизонтальной плоскостью от  $10^{\circ}$  до  $25^{\circ}$ , рабочие поверхности стоек глубокорыхлителей составляют с горизонтальной плоскостью угол  $50^{\circ}$ - $70^{\circ}$ , что обеспечивает самоочистку стоек от пожневных остатков, и защищены съемными рассекателями 16, по бокам стоек в их нижних частях смонтированы неподвижно рыхлительные кронштейны 17, рабочие поверхности которых составляют с горизонтальной плоскостью угол  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$ , в верхних частях стоек глубокорыхлителей 13 имеются три пары отверстий 18, предназначенные для изменения глубины полосного или сплошного рыхления плужной подошвы. В парных кронштейнах с отверстиями 12 могут также быть установлены стрельчатые культиваторные лапы 19 со стойками стрельчатых культиваторных лап 20, глубина их работы устанавливается 6, 12 и 18 см. На последнем поперечном брусе агрегата могут быть смонтированы катки 21 или зубопружинные бороны.

Механизмы регулировки глубины работы рабочих органов почвообрабатывающего агрегата задних транспортно-технологических колес

4 состоят из парных кронштейнов 22, закрепленных на корпусах задних транспортных колес 4, оси 23, на которой подвижно установлены винты 24, на винты 24 завернуты контргайки 25, затем опорные гайки 26, у которых нижние части выполнены в виде выпуклых чашеобразных поверхностей, которыми корпуса транспортно-технологических колес упираются в вогнутые чашеобразные поверхности 27, закрепленные неподвижно на раме 1 агрегата, в центрах чашеобразных поверхностях 27 имеются отверстия, в которых размещаются нижние концы винтов 24 при подъеме или опускании агрегата из рабочего положения в транспортное и наоборот. На нижних чашеобразных выпуклых поверхностях опорных гаек неподвижно закреплены защитные трубы 28, которые защищают резьбу винтов 24 от повреждения о стенки отверстий вогнутых чашеобразных поверхностей 27.

Длина защитных трубок подбирается такой, что обеспечивает защиту винтов 24 при переводе почвообрабатывающего агрегата из рабочего положения в крайнее верхнее транспортное и наоборот, а также в процессе передвижения.

Почвообрабатывающий агрегат работает следующим образом. Перед началом работы, в зависимости от требуемой глубины обработки пахотного слоя, наличия пожнивных остатков и глубины требуемой обработки подпахотного слоя почвы (плужной подошвы), определяемой в первую очередь твердостью плужной подошвы и мощностью используемого трактора и т.д., устанавливаются на агрегате соответствующие значения параметров рабочих органов. Так угол атаки сферических дисков, который определяет глубину их работы, устанавливается путем перемещения тяги 11 и поворота стоек 7 со сферическими дисками 9 посредством поводков 10. Глубина работы стоек глубокорыхлителей 13 или стрельчатых культиваторных лап 19 устанавливается перестановкой их в парных отверстиях стоек и может быть установлена на 12; 24; 36 см для стоек глубокорыхлителей и 6; 12 и 18 см для стрельчатых, культиваторных лап (на фиг. не показано) глубже глубины работы сферических дисков. Затем

агрегат выставляется на край поля, переводится в рабочее положение и перемещается по полю. В процессе движения агрегата сферические диски 9 врезаются в почву на установленную глубину, например 15 см, рыхлят ее, задевая пожнивные остатки. Одновременно с этим, если на агрегате установлены посередине между сферическими дисками 9 стойки глубокорыхлители 13, они врезаются накладками с долотами 15 рыхлительных зубьев 14 в плужную подошву, нарезая в ней заполняемые рыхлой почвой полосы, ширина которых расширяется рыхлительными кронштейнами 17 в зависимости от их размеров вплоть до соединения разрыхленных полос, образуя сплошную взрыхленную плужную подошву глубиной до 50 см. Если на агрегате на стойках установлены стрельчатые культиваторные лапы, то они также врезаются в плужную подошву и разрыхляют ее. Установленные за последним поперечным бруском агрегата катки 21 или зубопружинные бороны выравнивают поверхность обработанного поля.

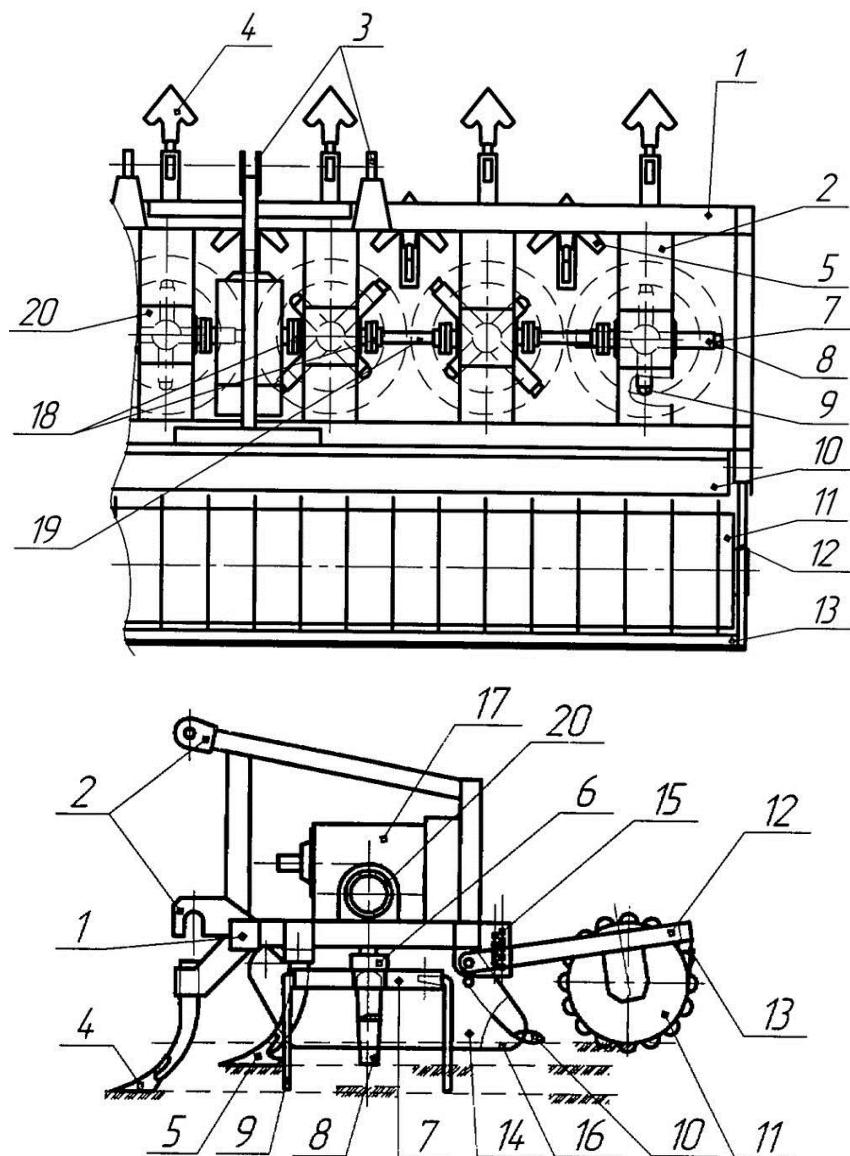
Таким образом, предлагаемый многофункциональный комбинированный почвообрабатывающий агрегат в сравнении с известными позволяет расширить функциональные возможности агрегата за счет использования стрельчатых культиваторных лап и стоек глубокорыхлителей с закрепленными в нижней части рыхлительными кронштейнами, обеспечивающих разрушение уплотненного слоя почвы, образуемого на стенках щелей, нарезаемых в плужной подошве, который существенно затрудняет впитывание в плужную подошву воды.

Рассмотрим патент № 2452159 – комбинированная вертикально-роторная машина (рисунок 1.6).

Комбинированная вертикально-роторная машина содержит раму 1 с перемычками 2 и присоединительным устройством 3. На раме 1 установлены механизмы привода роторов, ряд глубокорыхлителей 4 со стойками, ряд лап (стрельчатых) 5 со стойками, роторы 6 с вертикальной осью вращения, выполненные в виде крестообразного держателя 7, на котором на разном

расстоянии от оси ротора 6 закреплены рабочие элементы короткие 8 (ножи) и длинные 9 (зубья). Рабочая часть рабочих элементов меньшей длины выполнена в виде ножей с внутренней заточкой, а большей длины - в виде прутков овального или каплевидного сечения острием вперед по направлению вращения.

Сзади роторов 6 установлены выравниватель 10 и каток опорный 11 с поводками 12 и чистиком 13. На раме 1 закреплены боковины 14 и щеки 15 с переставными пальцами, ограничивающими подъем катка (глубину обработки). Его опускание ограничивает нижняя перемычка между щеками 15. Опускание выравнивателя 10 ограничивают пальцы 16, размещенные на боковинах 14.



## Рисунок 1.6 - Патент № 2452159

Глубокорыхлители 4 размещены перед осями роторов 6, а лапы 5 - перед зонами наибольшего сближения их тел вращения (на средней линии между осями роторов). Зубья 9 размещены ближе к оси ротора 6. Нижние концы ножей 8 расположены не ниже лезвий стрельчатых лап 5, а зубьев 9 - ниже лап 5, но не ниже глубокорыхлителей 4.

Механизмы привода роторов от вала отбора мощности (ВОМ) трактора содержат карданныю передачу с предохранительным устройством (не показана), центральный редуктор 17, соединительные цепные муфты 18, закрытые кожухами (не показаны), промежуточные валы 19 и закрепленные на перемычках 3 конические редукторы 20. На их вертикальных валах закреплены держатели 7 с ножами 8 и зубьями 9.

При работе комбинированной вертикально-роторной машины ряд глубокорыхлительных лап 4 полосно на глубину 18...25 см рыхлит почву перед осями роторов. За счет бокового скальвания ширина разрыхленных ими полос (по дну 12...15 см) на глубине хода лап 5 существенно больше ширины захвата глубокорыхлителей 4. Стрельчатые лапы 5 рыхлят почву на глубину  $H_l$  в деблокированных полосах перед зонами сближения ножей 8 роторов 6, в том числе и в тех, где абсолютная скорость ножей и сопротивление их движению максимальны (направления движения ножа ротора и машины совпадают).

Вертикальные роторы 6, приводимые во вращение от ВОМ трактора, ножами 8 и зубьями 9 крошат почву верхнего слоя. Зубья 9, кроме того, крошат почвенные глыбы в полосах, разрыхленных глубокорыхлителями 4. Продольные перемычки монолитной почвы способствуют защемлению глыб и повышению качества их крошения в разрыхленных полосах верхнего и нижних слоев. При этом в верхнем и нижнем слоях создается мелкокомковатая структура почвы, оптимальная для развития корнеклубнеплодов. Гребнистый профиль дна эффективен для

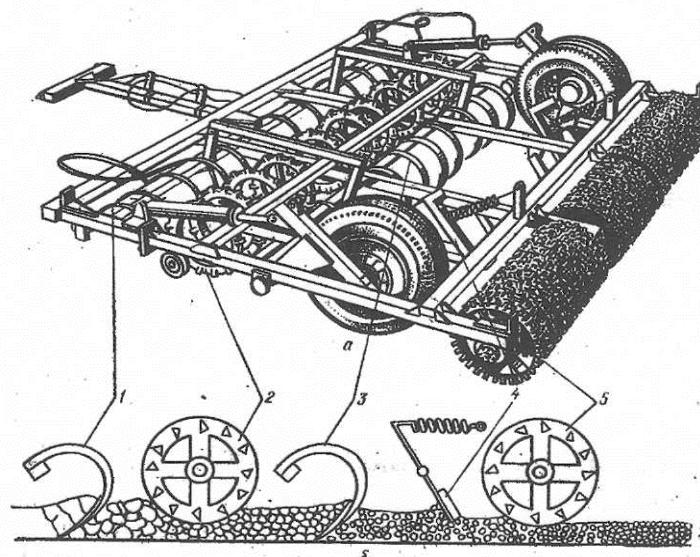
предотвращения подповерхностного стока, накопления влаги в почве и влагообеспечения разрыхленных полос нижнего слоя. Энергоемкость обработки снижена из-за отказа от сплошного глубокого фрезерования и рыхления.

Исходя из вышеизложенного следует, что прогрессивным направлением в развитии средств механизации для предпосевной обработки почвы является применение почвообрабатывающих машин или агрегатов с комбинированными рабочими органами, позволяющих в одном технологическом процессе совмещать выполнение нескольких операций. Примерами таких машин являются комбинированные культиваторы и агрегаты основной и предпосевной подготовки почвы КШУ-12-01, КПС-4, КПК-12, КПИР-3,6, а также РВК-3,0 и подобные им.

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

Известный рыхлитель-выравниватель - каток РВК-3,0 (рисунок 1.7) за один проход выполняет культивацию на глубину 15 см, разрушение глыб в этом слое, выравнивание микрорельефа и прикатывание почвы. На раме орудия последовательно расположены рыхлящие пружинные культиваторные лапы, разреженный кольчато-шпоровый каток, кольца которого установлены позади стойками лап, за ними следует второй ряд культиваторных лап, двухсекционный брус и кольчато-шпоровый каток.

Недостатками таких комбинаций рабочих органов являются неспособность стабилизировать глубину обработки, невозможность



регулировать технологическим процессом с целью управления качеством его работы, а также они неудобны при транспортировке и очень громоздки.

Рисунок 1.7 – Комбинированная машина РВК-3,6

Общий вид и схема работы машины типа РВК: 1-рыхлящий зуб переднего ряда; 2- разреженный кольчато-шпоровый каток; 3- рыхлящий зуб второго ряда; 4- выравниватель; 5- кольчато-шпоровый каток.

Поэтому агрегаты типа РВК и подобные им (АКПП-3,6 и т.д.) нуждаются в коренной модернизации для повышения качества работы, производительности и надежности в работе.

В нашей стране основным орудием для предпосевной обработки почвы является культиватор КПС- 4 зубовыми или пружинными боронами (рисунок 1.8). Он имеет, кроме основной модели, еще пять ее модификаций.

#### Схема и устройство культиватора КПС-4

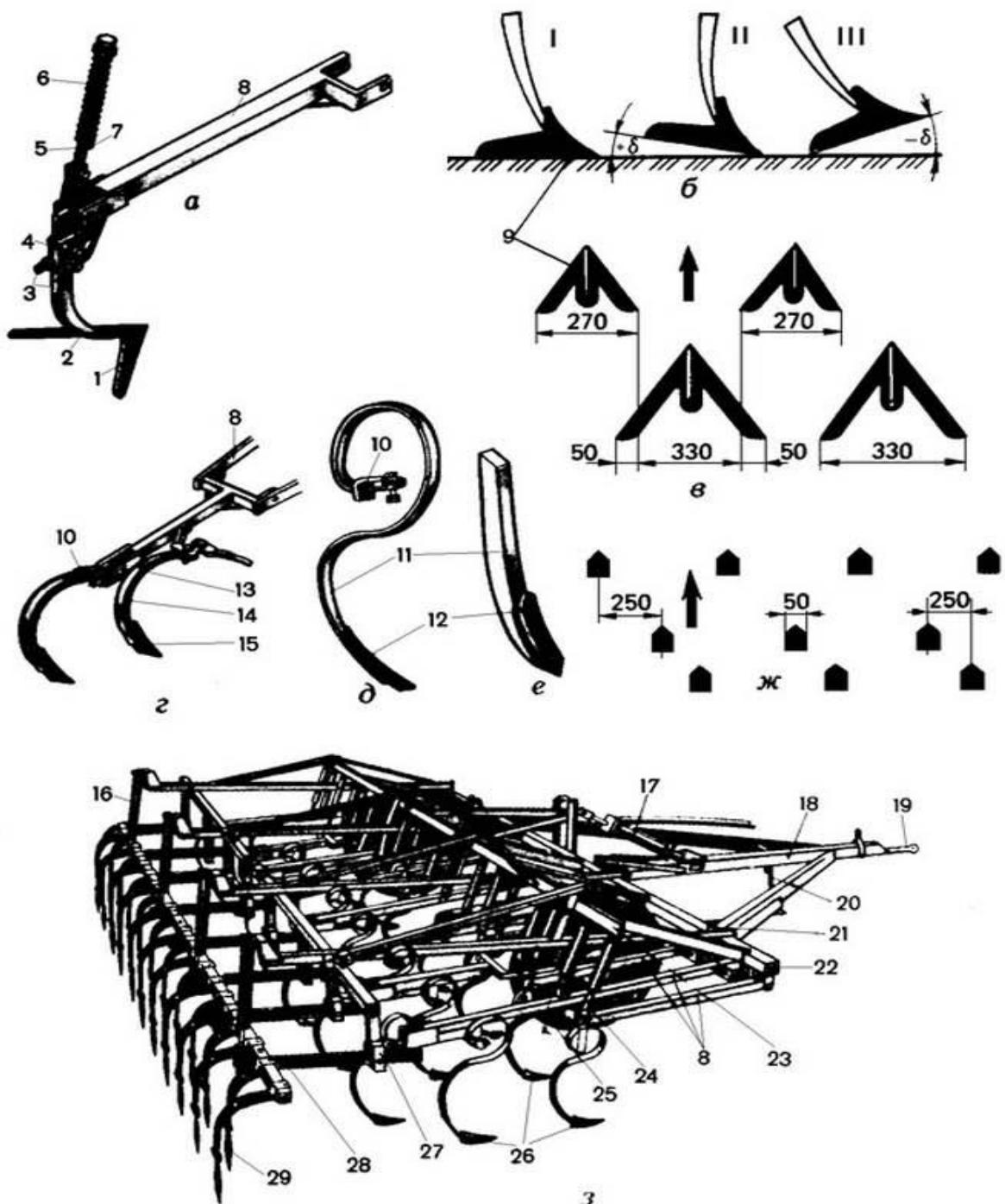
Ниже предоставим схему культиватора КПС-4

Культиватор КПС-4: Технические характеристики и устройство

Сплошную культивацию следует применять для полного уничтожения различных сорняков и рыхления грунтовой почвы без ее дополнительного обрачивания при подготовке к посеву и уходе за парами.

Процедура рыхления способствует сохранению и накоплению влаги и множества питательных веществ. Культиваторы, использующие для сплошной обработки грунта делят на следующие виды: паровые, садовые, лесные и антиэрозионные. В данной статье будет рассмотрен один из многочисленных видов культиваторов и детально описано его устройство и принцип работы.

Паровой скоростной культиватор КПС-4 используют для многослойного рыхления почвы перед началом посевных работ и уничтожения различных видов сорных растений, одновременно происходит боронование на скорости движения до 12 км/ч. Данная модель выпускается в двух вариантах прицепном и навесном, дополнительно есть приспособление для навешивания дополнительных борон. Рабочими органами культиватора являются универсальные лапы стрельчатого типа, они имеют ширину захвата 27 см или 33 см, второй элемент — рыхлительные лапы основаны на жесткой стойке, ширина захвата от 35 до 65 мм, последний элемент — пружинные рыхлительные лапы имеющие ширину захвата 5 см.



а – универсальная стрельчатая лапа, б – варианты положений лапы в вертикальной плоскости, в и ж – расстановки рабочих органов; г, д, е – рыхлительные лапы; 3 – общий вид культиватора КПС-4-04; 1, 9 – лапы; 2, 11 и 14 – стойки, 3 – болт; 4 и 10 – держатели; 5 – штанга; 6 – пружина, 7 – упор; 8 – грядиль; 12, 15 – наральники; 13 – подпружинник; 16 – штанга с пружиной; 17 – гидроцилиндр; 18 – сница; 19 – серьга; 20 – подставка; 21 – регулятор глубины; 22 – рама; 23 – угольник; 24 – штанга с пружиной; 25 – колесо; 26 – рабочие органы; 27 – понизитель; 28 – приспособление; 29 – пружинная боронка.

Рисунок 1.8 - Культиватор КПС-4

Стойки лап крепятся на специальных грядильнях, которые присоединенных к раме культиватора шарнирно. Универсальные стрельчатые лапы расположены в двух рядах шахматного порядка. Лапы шириной 27 см крепят в переднем ряду грядильни, а во второстепенном лапы шириной 33 см на длинной грядильне.

С тракторами Т-150 и Т-150К агрегатируют два или три культиватора со сцепкой СП-11 или центральной секцией сцепки СП-16, а с К-701 — четыре со сцепкой СП-16. Культиваторы в шеренговых агрегатах соединяются между собой шарнирами, что создает устойчивость хода и хорошее копирование рельефа в вертикально-поперечной плоскости.

Прицепы культиваторов соединяют со сцепкой, устанавливают выносные гидроцилиндры на культиваторы и подключают к гидросистеме трактора.

#### Технический характеристики культиватора

Ниже приведем таблицу с техническими характеристиками культиваторов КПС-4 различных модификаций

Показатели	КПС-4	КПС-4-01	КПС-4-02	КПС-4-03	КПС-04	КПС-4-05
Тип	Прицепной		Навесной		Приц пной	Навес ной
Ширина захвата, см	400	390	400	390		390
Глубина обработки почвы,						
от 5 до 12 см.						
Рабочая скорость, км/ч	до 12	до 10	до 12	до 10	до 12	до 12
Производительность за час основного времени:						
агрегата из одной машины	2,9-3,5 га		3,36 га		4,45 га	
агрегата из двух машин	6,33-6,54 га		—	—	—	—
Масса культиватора данной модели, кг	8 20	8 90	690	760	927	785
Размеры шин	6,00-16					

опорных колес, дюймы	
Избыточное давление воздуха в шинах, МПа	0,19-0,24
Осевой зазор в подшипниках опорных колес, мм	0,10-0,35

При подготовке агрегата к работе механизм навески трактора устанавливают в крайнее верхнее положение, а прицепную скобу — в задние вилки бугелей. На нее надевают упряжную скобу.

Для работы с тремя или четырьмя культиваторами необходимо развернуть боковые крылья специальной сцепки СП-16 и разметить места соединения на брусе культиваторов. Номинальное расстояние между двух точек прицепа культиваторов — 4 м. При этом культиваторы необходимо расположить так, чтобы их прицепы были расположены на одной линии, а расстояние между концами передних брусьев их рам составляло 80...100 мм. Брусья рам культиваторов соединяют между собой шарнирами.

Для реализации вышеуказанной цели был предложен культиватор блочно-модульный КБМ-14,4ПС (рисунок 1.9), который предназначен для комплексной предпосевной обработки почвы.



Рисунок 1.9 - Культиватор блочно-модульный КБМ-14,4ПС

За один проход агрегата выполняется культивация, создание ложа для семян, вычесывание сорняков, мульчирование, выравнивание и прикатывание. Это обеспечивает повышение производительности труда, а также значительное снижение энерго- и ресурсозатрат на предпосевную подготовку почвы.

Культиваторы производятся в комплектации с S-образными пружинными стойками со стрельчатой лапой, обеспечивающими сплошное подрезание сорной растительности. Возможно изготовление культиваторов с 4-мя рядами рабочих органов (в базовом исполнении 3 ряда) для уменьшения забиваемости растительными остатками, с двумя рядами катков, с передним планочным выравнивателем.

Данные агрегаты гарантируют высокое качество обработки почвы: полное отсутствие глыб и гребней, эффективное выравнивание, подповерхностное уплотнение почвы на глубину посева, вычесывание сорняков в нитевидной стадии их развития, создание мульчированного слоя почвы, что создает благоприятные условия для дружных всходов, появления

вторичных корней и кущения, а также обеспечивает семенам и растениям оптимальный тепло-влаго-воздушный режим.

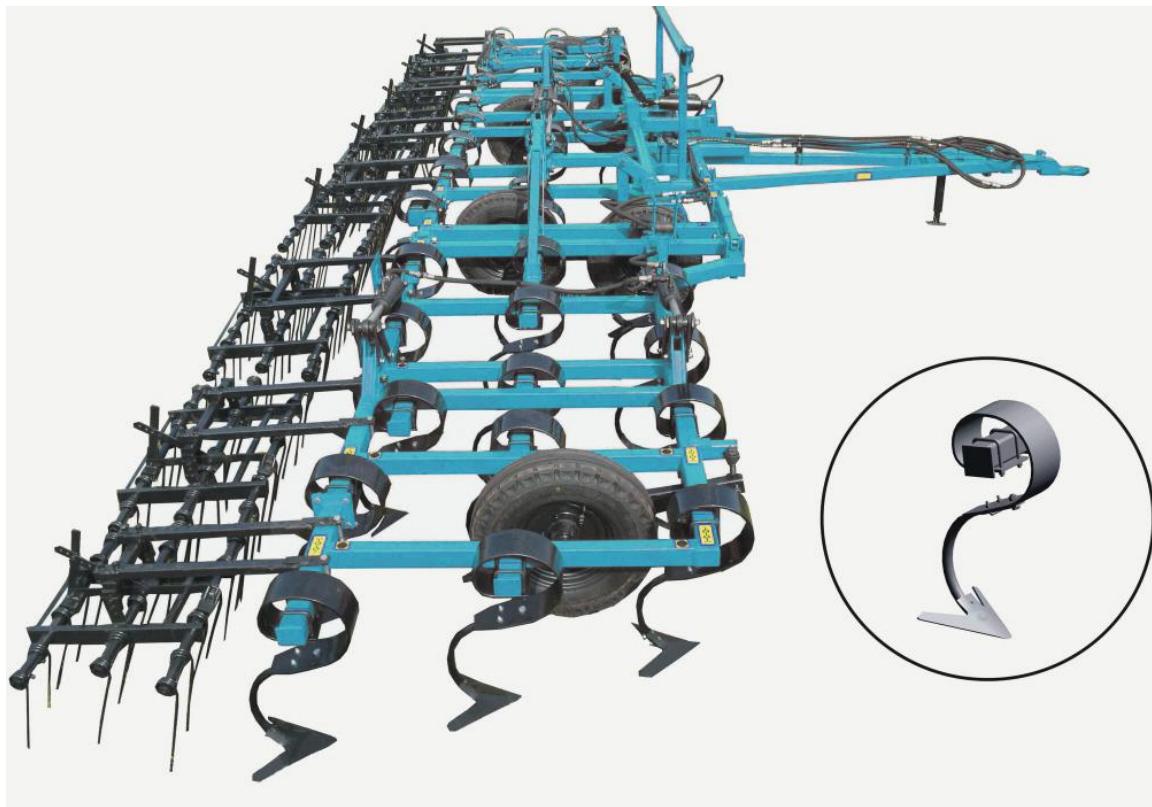


Рисунок 1.10 - Культиватор прицепной комбинированный КПК-12

Интерес представляет культиватор прицепной комбинированный КПК-12 (рисунок 1.10), который предназначен для сплошной предпосевной и паровой обработки почвы на глубину 6...12 см с одновременным выравниванием. Машина состоит из стрельчатых лап и выравнивающих устройств

Известный комбинированный культиватор бесцепочный для сплошной обработки почвы КШУ-12-01 (рисунок 1.11) предназначен для сплошной предпосевной и паровой обработки почвы во всех зонах России.

Вышеуказанные культиваторы пригодны для работы на каменистых почвах, обрабатывают почву повышенной влажности, пригодны для работы на повышенных скоростях (до 15 км/ч), у них малая энергоёмкость и высокая надёжность в работе, высокая производительность, простая конструкция, малая металлоёмкость, хорошие маневренность и транспортабельность.



Рисунок 1.11 - Культиватор бессцепочный для сплошной обработки почвы КШУ-12-01

К недостаткам данных машин можно отнести следующее: недостаточная жесткость стоек пружинных зубьев для эффективного рыхления почвы по колее трактора, недостаточная несущая способность опорных колес на рыхлых и мягких почвах, что приводит к излишнему заглублению зубьев в почву и нарушению агротехнических требований на качество обработки.

Большой интерес представляет комбинированные машины, состоящие из пассивных стрельчатых лап, пружинных зубьев или черенковых ножей и ротационных рабочих органов. Так, в Северо-Западной зоне при уходе за гребневыми посадками пропашных культур применяются комбинированные машины, состоящие из ротационных универсальных борон БРУ – 0,7 и стрельчатых лап.

По данным ряда исследователей, использование комбинированного рабочего органа БРУ- 0,7 позволяет повысить производительность труда, увеличить степень крошения почвы и уничтожения сорняков. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что этот рабочий орган используется только для обработки гребней.

Известна комбинированная навесная машина для предпосевной обработки почвы (патент Австралии 329305). Она включает пассивные рабочие органы в виде пружинных зубьев или черенковых ножей, ротационную мотыгу и разравнивающее устройство.

К многоцелевым машинам для предпосевной обработки почвы, на раме которых могут монтироваться различные рабочие органы, для выполнения широкого набора технологических операций, относится комбинированный агрегат КА-5,6/К-700, созданный народным предприятием «Ваймар-Комбинат» (Германия). Он состоит из основной и поворотных рам, на которых могут монтироваться различные зубья, катки, выравниватели и т. д. Эти рабочие органы объединены в секции, которые монтируются на рамках в зависимости от типа почв и возделываемой культуры.

Недостатком таких почвообрабатывающих орудий является высокая металлоёмкость и большие трудозатраты, необходимые при их переналадке.

Заслуживает внимания дисковый культиватор Smaragd фирмы «Lemken» (Германия), который содержит два ряда сменных крыльчатых лемехов, наклонные вогнутые диски, установленные со смещением, и трубчатый ребристый каток (рисунок 1.12).

Также представляет интерес широкозахватный культиватор Magnum III фирмы « Morris» (Канада), он включает два ряда стрельчатых лап и зубовые боронки-загортачи (рисунок 1.13).

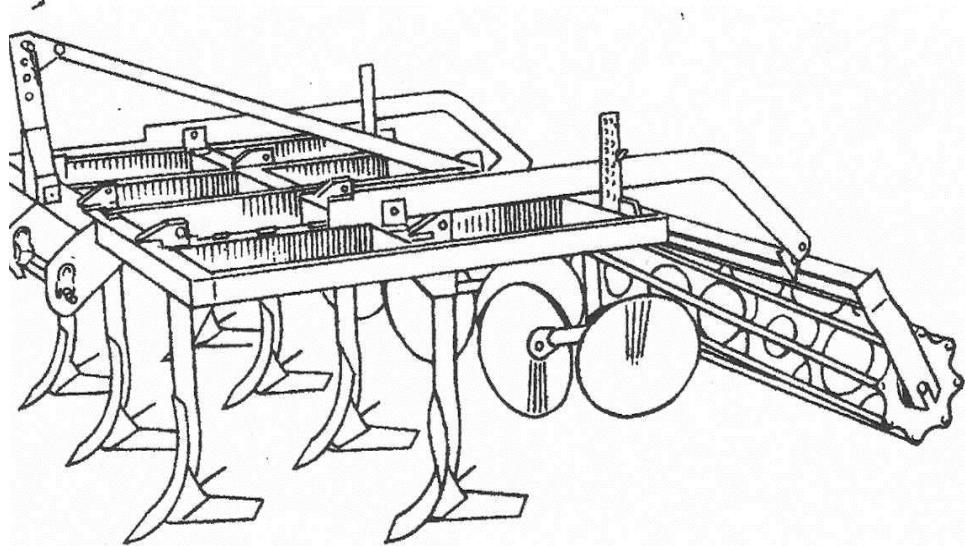


Рисунок 1.12- Дисковый культиватор «Smaraqd» фирмы «Lemken»



Рисунок 1.13 - Широкозахватный культиватор Magnum III фирмы «Morris» (Канада)

В этом плане наибольший интерес представляют разработки, направленные на развитие новой ступени механической обработки почвы – на принципы её минимализации.

Оригинальным по своей конструкции является почвобрабатывающее орудие, разработанное в Казанском СХИ под руководством Х.С. Гайнанова (а.с. 1586541) и представляющее собой дальнейшее развитие

комбинированных рабочих органов ротационного типа. Почвообрабатывающее орудие содержит установленные на раме стрельчатые лапы и расположенные за ними параллельные секции шнеков. Последние выполнены в виде пластинчатых двухзаходных пружин и имеют механизм регулирования их по высоте. При движении орудия лапы рыхлят почву на установленную глубину, а шнеки обрабатывают на глубину заделки семян.

Шнеки также выравнивают верхний слой почвы в продольном и поперечном

направлениях, уплотняют его в зоне заделки семян.

На основании анализа работы комбинированных почвообрабатывающих орудий следует указать, что они являются перспективными с точки зрения более полного удовлетворения требованиям, предъявляемым агрономической наукой к поверхностной обработке почв. Однако известные конструкции комбинированных машин и рабочих органов, в силу ряда причин конструктивного и технологического характера, не нашли пока широкого внедрения в производство.

Предпосевной культиватор КБМ-4,2 — надежная и известная модель культиватора, созданная нами совместно с учеными Российской Академии наук специально для российских агроклиматических условий, отлично зарекомендовавшая себя в различных регионах России.

Предпосевные культиваторы КБМ прошли испытания на различных машиноиспытательных станциях: Солнечногорской, Владимирской, Северо-Западной, Поволжской и Кубанской, а так же на базе Челябинского агроинженерного университета.

### Назначение

Предназначен для высококачественной подготовки почвы к посеву точных сельскохозяйственных культур (свекла, рапс, лен, кукуруза, подсолнечник, соя и др.), закрытия влаги, ухода за чистыми парами, обеспечивает качественное рыхление и создание ложа для семян.

## Технические характеристики

Ширина захвата 4,2 м

Глубина обработки от 4 до 8 см

Высота стойки 400 мм в 3 ряда

Ширина лапы 150 мм

Производительность до 5 га/ч

Рабочая скорость 8-12 км/ч

Агрегатируется с тракторами класса тяги 1,4 тс / 82 л.с.



Рисунок 1.14 – Агротехнические преимущества

За 1 проход готовит почву к посеву точных культур (свекла, рапс, лен, кукуруза, подсолнечник, соя и др.) на глубину до 2 см, выполняя несколько технологических операций: вычесывание сорной растительности, рыхление, выравнивание, мульчирование поверхности поля, создание подповерхностного уплотненного ложа для семян, предпосевное прикатывание

Создание благоприятных условий для быстрых всходов, появления вторичных корней и кущения

Способствует сохранению и накоплению влаги, без чего не эффективны даже минеральные удобрения и сортовые качества семян

Качественное мелкое рыхление на заданную глубину, создание мульчированного слоя на поверхности

Эффективное выравнивание, полное отсутствие глыб и гребней

Копирование рельефа поля

Создание ложа для семян с уплотнением почвы на глубине посева

Создание мелкокомковатого мульчированного поверхностного слоя обеспечивает оптимальный тепло-влаго-воздушный режим для семян

Возможность окончания весенне-полевых работ на 1-2 недели раньше

Возможность работы на почвах с влажностью от 14 до 16 %

Удобная система складывания позволяет быстро перевести культиватор из рабочего в транспортное состояние в любых условиях, в т.ч. в полевых. Габариты в транспортном состоянии позволяют легко перевозить культиватор между полями и по дорогам общего пользования.

Экономика

Энергосбережение: экономия расхода топлива на предпосевной обработке (по сравнению с аналогами) — в 3 раза

Окупаемость — за 1 год

Испытания

Каждый культиватор перед отгрузкой клиенту проходит обязательные заводские испытания, это гарантирует его надежность и работоспособность.

Рассмотрев существующие установки, патентные разработки и консультацию Мазитовым Назибом Каюмовичем Член-корреспондент Российской Академии наук, научный консультант "ПК "Ярославич", почетный член АН РТ, академик МАИ, Лауреат трех Государственных и Правительственной премии по науке и технике, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства РТ. для проведения дальнейших сравнительных исследований агротехнических показателей предпосевной обработки почвы было выбрано 2 культиватора КПС-4 и КБМ-4,2.

**Цель работы.** Исследовать агротехнические показатели работы рабочих органов культиваторов для предпосевной обработки почвы.

**Для осуществления поставленной цели предусматривается решение следующих задач:**

- выполнить анализ конструкций культиваторов для предпосевной обработки почвы, выявить недостатки и преимущества;
- провести производственные исследования культиваторов для предпосевной обработки почвы;
- определить влияние скорости движения рабочих органов культиваторов на показатели почвы;
- исследование процесса взаимодействия рабочего органа с почвой.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Теоретический анализ воздействия рабочих органов культиваторов на почву**

Процесс взаимодействия рабочих органов культиваторов с почвой имеет ряд отличий от работы других почвообрабатывающих устройств. Например, лапы культиваторов движутся поступательно, отрезают пласт определенного сечения и, создавая напряжение в нём, крошат его. При этом степень воздействия рабочего органа на почву определяется его геометрическими размерами (параметрами).

Поэтому одной из важных задач в земледельческой механике является обоснование формы и геометрических параметров почвообрабатывающих рабочих органов на основании изучения напряженно-деформированного состояния почвы, находящейся под воздействием рабочего органа. Данная задача становится ещё более актуальной, если учесть, что до настоящего времени нет надежных теоретических методов определения формы рабочих

органов почвообрабатывающих машин по заданным деформациям и физико-механическим свойствам почвы.

### **2.1.1 Особенности воздействия рабочей поверхности лапы культиватора на почву**

Лапы культиваторов по геометрической форме, выполнены как плоские клинья и так же как и многие рабочие органы почвообрабатывающих машин, являются развитием плоского двугранного клина или косого трёхгранного. Почвенный пласт под воздействием плоского клина деформируется разнообразно. Характер деформации зависит от целого ряда факторов, прежде всего, от физико-механических свойств почвы и её состояния, а также от конструктивных параметров рабочих органов культиваторов. Поэтому нужно рассмотреть предварительно, что собой представляет рабочий орган культиватора и как он воздействует на почву.

Как известно, в технологическом процессе культивации, по В.А. Желиговскому, почвы деформируются сжатием и скальванием.

Известны несколько случаев перемещения при воздействии клина на почвенные частицы под углом к рабочей поверхности:

1.Когда почва уплотняется, то происходит перемещение точки перпендикулярно рабочей плоскости клина.

2.Если пласт поднимается клином, то его перемещение идет под углом  $90^0 - \frac{\alpha_1}{2}$  к рабочей поверхности.

3.При скальвании абсолютное перемещение будет происходить под углом к горизонту.

Далее рассмотрим последовательно процесс взаимодействия почвы с клином, здесь различают следующие фазы.

Первая фаза – смятие почвенного пласта. В этом случае часть почвенного воздуха уходит в атмосферу, а основное его количество остается в почве в виде герметически закупоренных водяными менисками

отдельных объемов, заполняющих пустоты между почвенными зернами.

Вторая фаза – рост напряженного состояния с образованием отдельных трещин. При второй фазе происходит сжатие геометрически закупоренного воздуха, что приводит к росту внутренних напряжений и накапливанию потенциальной энергии во всем объеме деформированной почвы. Этот процесс продолжается до тех пор, пока прочность связей оказывается недостаточной для противодействия силе тяги клина.

От рабочей поверхности лапы и её расположение определяют основные технологические свойства, т.е., её подрезающую и крошащую способности. При этом качественного крошения можно добиться выполнением образующей рабочей поверхности по различным кривым. Однако здесь сжатие пласта каждой рабочей поверхностью будет происходить по-разному.

Однако для полного разрушения пласта почвы, т.е. качественного его крошения недостаточно только его отрыв от дна борозды и изогнуть вперед путём сжатия, а требуется его скальвание путём излома (изгиба) в обратном направлении.

Как известно, крошение и рыхление почвенного пласта представляет собой процессы разрушения связей между почвенными частицами и отделение одной от другой. При работе клина все частицы почвенного пласта находятся под воздействием элементарных сил давления рабочей поверхности.

Как показывают теоретические и некоторые экспериментальные исследования, поверхностью, дающей максимальную сеть трещин при воздействии на почву (что способствует образованию мелкокомковатой структуры), является выпуклая поверхность. Кроме того, поскольку прочность связей между почвенными частицами в горизонтальном и вертикальном направлениях различна, то эффективным для разрушения является воздействие поверхности с изменяющимся по высоте направлением элементарных сил давления.

Такое выполнение рабочей поверхности лапы орудия для безотвальной обработки почвы в значительной степени уменьшает указанные недостатки существующих органов, позволяет повысить качество обработки почвы и снизить энергоёмкость процесса рыхления.

Экспериментально-теоретическое исследование деформации грунта двугранным клином было проведено И.В. Манюта, где он отмечает, что при вырезании почвы двугранным клином изменяются размеры пласта. Фактическая длина вырезанного пласта всегда меньше пути, который проходит клин, так как пласт увеличивается по толщине. Увеличение толщины пласта идет за счет укорочения его длины и выражается зависимостью:

$$K = \frac{\Delta\omega}{\omega} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где  $\omega$ ,  $\Delta\omega$  - соответственно площади поперечного сечения необработанного слоя и прироста почвы за счет ее вспушивания.

По данным П.М. Василенко и П.Т.Бабий коэффициент вспущенности можно принять  $\zeta=1,2\dots1,25$ .

Отсюда, если нам известна глубина обработки почвы (а), то максимальную высоту (вершину) ножа-стабилизатора на рабочей поверхности лапы можно вычислить из выражения:

$$h_h^{\max} = (1,2\dots1,25) \cdot a. \quad (2.13)$$

Принимая значения  $h_l$  и  $h_h^{\max}$  из выражений (2.8) и (2.13) высоту ножа-стабилизатора от рабочей поверхности лапы можно определить по формуле:

$$h_h = h_h^{\max} - h_l = (1,2\dots1,25) \cdot a - \frac{2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot a}{e^{\theta g \varphi}} = a \left( \zeta - \frac{2 \operatorname{tg}\alpha}{e^{\theta g \varphi}} \right). \quad (2.14)$$

Согласно выражения (2.14) для величины  $h_h$  глубина обработки  $a$ , угол крошения  $\alpha$  и физико-механические свойства почвы являются ее определяющими параметрами.

## 2.1.2 Особенности воздействия рабочих органов культиватора на почву

Начало процесса воздействия лезвия на почву связано с ее резания в плоскости дна борозды, который характеризуется рядом показателей (углом резания, затылочным углом режущей кромки). При этом на процесс (включая и скользывание с лапы почвы и сорняков), при неизменной ширине захвата крыла, влияет не только величина угла раствора  $\gamma$ , но и форма режущей кромки. Действительные их значения являются параметрами, характеризующими энергоемкость рабочего процесса и определяющими устойчивость хода рабочего органа по глубине.

Рассмотрим некоторые элементы теории и законы, которые обнаруживаются при изучении процесса резания лезвием. При этом особый интерес представляют начальные исследования акад. В.П. Горячина. Здесь он указал на очень важное в механике резания явление, а именно: если заставить лезвие при резании перемещаться перпендикулярно к его длине, то сила. Необходимая для резания, будет максимальной; но если лезвие не только углублять в материал, но и заставить его при этом проскальзывать вдоль своей длины, то чем больше будет продольное перемещение относительно нормали, тем меньшей оказывается сила, с помощью которой можно перерезать один и тот же объект. Также он сделал вывод, что сопротивление резанию почвы и других материалов заметно меньше в случае, когда резание осуществляется со скольжением. Поэтому угол  $\tau$  между нормалью к данной точке лезвия и ее скоростью должен быть выбран таким образом, чтобы энергоемкость процесса резания почвы и корней сорняков кромкой лезвия было меньше, и они в процессе подрезания скользили вдоль лезвия.

Развитие вопросы теории резания нашли отражение в работах А.В. Желиговского на примерах черенкового ножа с использованием разных условий:

1.Перемещение черенкового ножа по условию  $\tau < \varphi$ , то есть угол  $\tau$  между направлением скорости и нормалью к лезвию меньше угла трения  $\varphi$  лезвия по разрезаемому материалу. Из рассмотренного примера он пришел к выводу, что в случае  $\tau < \varphi$  никакого скольжения лезвия по разрезаемому материалу не происходит.

2.Если окажется, что  $\tau = \varphi$ , то слагающая  $N_T$  нормального давления  $N$  и сила трения  $F$  полностью взаимоуравновешиваются и почвенные частицы, встречающие лезвием, перемещаются по направлению движения самого лезвия. Резание происходит без скольжения.

3. Перемещение черенкового ножа по условию  $\tau > \varphi$ , то есть когда лезвие поставлено так, что угол  $\tau$  между направлением его скорости и нормалью к лезвию больше угла трения  $\varphi$  лезвия по разрезаемому материалу. При этом почвенная частица будет перемещаться под действием силы  $R$ , пока уплотнение почвы в результате этого перемещения не приведет к тому, что сопротивление почвы под лезвием достигнет предела ее прочности и почвенная частица, перемещенная силой  $R$ , т.е. вмятая ножом, разрушится.

4. Соприкосновение частицы почвы с точкой лезвия черенкового ножа при его движении. Рассмотренный пример показывает, что в процессе резания, которое сопровождается смятием материала под давлением лезвия, происходит вместе с тем скольжение лезвия по материалу или материала по лезвию. Отсюда видно, что такому резанию со скольжением могут подвергаться только материалы податливые.

Абсолютно хрупкий материал, неспособный испытывать деформацию под давлением, неспособен подвергнуться процессу резания со скольжением.

Исходя, из вышеизложенного можно выделить, что условий резания со скольжением два.

1. Направление скорости лезвия должно составлять с нормалью к нему угол, превосходящий величину угла трения лезвия по разрезаемому материалу или, резание со скольжением возможно в том случае, если угол  $\tau$  между нормалью к данной точке лезвия и ее скоростью превосходит угол трения  $\varphi$  лезвия по разрезаемому материалу.

2. Разрезаемый материал должен быть податлив (упруг, пластичен).

Дальше рассмотрим прямолинейную форму режущей кромки культиваторных лап (рисунок 2.5).

Как известно, основанием для выбора величины угла раствора  $2\gamma$  является требование, в соответствии с которым корни и стебли растений должны скользить по лезвию лапы. Этим достигается протекание процесса резания со скольжением, что облегчает перерезание сорняков или сход их с лезвия лапы, если перерезание не произойдет. Благодаря этому устраняется возможность обволакивания лапы сорняками.

Как видно из рисунка 2.1, сила сопротивления сорняка  $R$  может быть разложена на две составляющие –  $N$  и  $T$ . Составляющая  $T$  стремится сдвинуть сорняк вдоль лезвия, но этому противодействует сила  $F$ . При этом очевидно, что корень по лезвию сможет перемещаться в том случае, если будет удовлетворяться условие:  $T > F$ .

Но  $T = R \cdot \cos \gamma$  и  $F = N \operatorname{tg} \varphi$ , или  $F = \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi$ .

Подставив в вышеуказанное условие значение  $T$  и  $F$ , получим:

$$R \cos \gamma > R \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi.$$

Отсюда  $\operatorname{ctg} \gamma > \operatorname{tg} \varphi$  или  $\operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg} \varphi$ .

Следовательно,  $\gamma < 90^\circ - \varphi$ .

В этом случае угол  $\tau$  между нормалью к данной точке лезвия и ее скоростью превосходит угол трения  $\varphi$  лезвия по разрезаемому материалу, а это значит, что резание происходит со скольжением.

Если величина угла  $\gamma$  больше допустимой (т.е.  $\gamma > 90^\circ - \varphi$ ), то

возникающая между корнями сорняков и лезвием сила трения станет больше силы сопротивления  $T$ . В связи с этим сорняки не сходят с лезвия лапы, что может явиться причиной забивания последней. При этом условии угол  $\tau$  может быть равен углу  $\varphi$  или меньше. Вот почему прямолинейная форма лезвий культиваторных лап не позволяет увеличить их ширину захвата. Отсюда и большой износ, поломки лап и низкое качество обработки почвы.

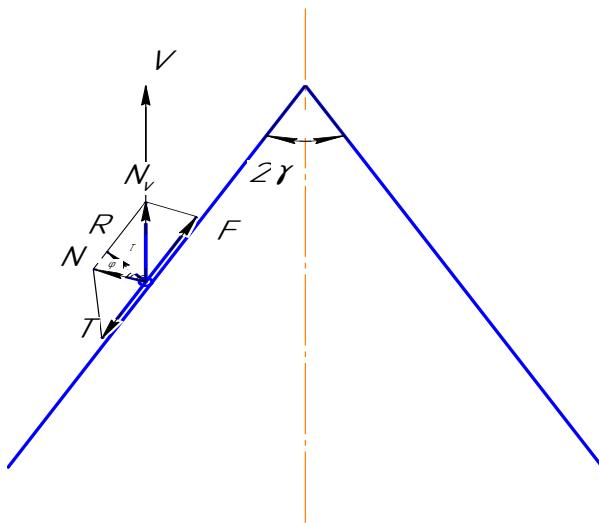


Рисунок 2.1- Схема работы лапы культиватора в момент встречи её с сорняками

При выборе формы режущей кромки лапы определенный интерес представляют различные кривые, а также форма и параметры зубьев.

Вопрос обоснования параметров и криволинейной формы режущей кромки лапы культиватора нашли отражение в работах Г.Г. Булгариева.

Автор рассматривая вогнутые и выпуклые участки логарифмической спирали пришёл к выводу:

1. В режущих точках вогнутого отрезка, принадлежащих к зоне входа (I) и промежуточной зоне (II), условие  $(\tau > \varphi)$  резания со скольжением соблюдается, а в режущей точке  $C$ , принадлежащей к III зоне, угол  $\tau$  между направлением его скорости и нормалью к точке лезвия равен углу трения  $\varphi$ . В последнем случае силы полностью взаимоуравновешиваются и почвенные частицы, встречающие лезвием, перемещаются по направлению движения самого лезвия. Резание происходит без скольжения.

Кроме того, дальнейшее продолжение отрезка этой спирали даёт отрицательные результаты, т.е. увеличение угла раствора лапы противоречит вышеуказанному условию.

Отсюда автор заключает, что вогнутый отрезок логарифмической спирали приемлем только для рыхлителей с небольшой шириной захвата.

2. В режущих точках выпуклого отрезка, принадлежащих к I и II зонам, условие резания со скольжением соблюдается. В режущей точке  $K'$ , принадлежащей началу III зоны, угол  $\tau$  и касательная  $T$  достигают наибольшего значения, а при дальнейшем продолжении отрезка этой логарифмической спирали – достигают критического значения, т.е. наступит зона, соответствующая равенству углов  $\tau$  и  $\varphi$  и по этой причине будут отрицательные результаты.

3. На основании теоретических исследований для достижения указанной цели автором проектирована форма плоскорежущего рабочего органа, где режущая кромка каждого крыла выполнена из двух сопряженных отрезков логарифмической спирали.

Однако и в этом случае невозможно исключить точку сопряжения  $C$  отрезков логарифмических спиралей, где резание происходит без скольжения.

Как известно, в настоящее время отечественные и зарубежные культиваторы выпускаются с рабочими органами различной ширины захвата. Следует отметить, что оптимальным значением ширины захвата рабочих органов серийного культиватора КПС-4 считается 0,270 м и 0,330 м.

Так, по результатам теоретических и лабораторных исследований Г.Г.Булгариева и с учетом технологических и конструктивных особенностей наилучшими энергетическими и качественными показателями работы обладает комбинированный рабочий орган культиватора также с шириной захвата 27...30 см.

На основании теоретических исследований и анализа результатов наших экспериментов можно выбрать рациональную ширину захвата лапы от 0,270 м до 0,330 м.

## **2.2. Получение деформационного поля при взаимодействии рабочего органа с почвой**

Рабочие органы культиватора можно представить состоящими из элементарных составляющих. Это позволяет правильно понять теоретическую сущность действия лап на почвенный пласт. Указанный способ замены действия сложной поверхности действием элементарных клиньев находил свое применение в работах В.П. Горячкина при рассмотрении теории косого клина и является чрезвычайно поучительным.

Новая лапа культиватора может быть представлена несколькими составляющими. Из них выделим три:

Первая составляющая – левое крыло лапы. По форме это косой клин, его положение определяется углами  $\alpha_0, \beta$  и  $\gamma_0$ .

Вторая составляющая – правое крыло лапы. Аналогично с левым – косой клин в пространстве, с расположением углов  $\alpha_0, \beta$  и  $\gamma_0$  по правую сторону от направления движения.

Третья составляющая – средняя часть лапы со стойкой. По форме эта составляющая рассматривается как плоский клин с максимальным значением угла подъема  $\alpha_0$  в верхней части груди лапы.

Принимая во внимание вопросы перемещения почвы рабочей поверхностью лапы с ножами, в частности, вопросы деформации почвы элементарными клиньями, представим на схеме действие лапы на почвенный пласт в виде отдельных составляющих.

На поверхности почвы имеем ширину зоны деформации почвы от каждой составляющей.  $B_1$  и  $B_2$  – ширина зоны деформации от действия

соответственно правого и левого крыла.  $B$  – ширина зоны деформации от третьей составляющей лапы.

В процессе движения стрельчатой лапы почвенный пласт подвергается суммарному действию рассматриваемых выше отдельных элементов рабочего органа. Чтобы представить общую картину действия рабочего органа на пласт, воспользуемся графическим способом. Этот способ, по определению Т.М. Гологурского, в вопросах движения почвенных частиц является более наглядным и достаточно точным. Рассчитав ширину зоны деформации на поверхности почвы от каждой составляющей лапы по соответствующим формулам (1.23); (1.25) и (1.26), а длину полосы деформации  $\ell$  и  $\ell_1$  по формулам (1.24; 1.27) произведем графическое сложение. При сложении учитывались данные о направлении складывания почвы по двум плоскостям скольжения, а также замечание о склонности наибольшего развития разрушения по внешней, а не по внутренней плоскости. Однако для уточнения контуров зоны деформации, производилось в отдельных местах сложение составляющих длины зоны деформации с учетом развития разрушения по внутренней плоскости скольжения. В процессе движения рабочего органа возможны разные направления разрушения, поэтому могут быть отдельные отклонения от формы зоны деформации, полученной графическим способом. Но применение при построении сложения с учетом обоих направлений разрушения позволяет значительно приблизить форму зоны деформации почвы перед рабочим органом к фактической.

Вышеуказанные размеры зоны деформации в горизонтальной плоскости определяются по существующей методике. Отсюда видно, что размеры зоны деформации почвы лапами культиватора зависят от глубины хода, фрикционных свойств почвы и параметров рабочего органа.

### **3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Методика планирования эксперимента**

Технологические факторы определяют условия проведения работ по обработке почвы. Предпосевная обработка почвы проводится при наступлении ее физической спелости, что достигается для дерново-подзолистой почвы при 18...20% влажности.

Глубина предпосевной обработки почвообрабатывающими машинами соответствует глубине заделки семян и колеблется в пределах 3...8 см.

Исследование культиваторов были проведены в производственных условиях. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистого механического состава. Влажность ее составляла 17,0...18,5%, плотность – 1,10...1,21г/см<sup>3</sup>, глубина обработки до 0,11м.

При исследовании была принята скорость до 3,33м/с с учетом пределов скорости движения современных почвообрабатывающих машин.

По данным П.М.Василенко и П.Т. Бабий коэффициент вспущенности можно принять равным  $\zeta=1,2\dots1,25$ .

В настоящее время отечественные и зарубежные культиваторы выпускаются с рабочими органами различной ширины захвата. Следует отметить, что оптимальным значением ширины захвата рабочих органов культиватора КПС-4 считается 0,270 м и 0,330 м. На основе вышеизложенного и с учетом

результатов теоретических исследований, для лабораторных опытов можно принять рабочие органы шириной захвата от 0,240 м до 0,330 м.

3. С учетом скорости движения современных почвообрабатывающих машин скорость  $V$  для экспериментов можно принять в пределах от 1,67 м/с до 3,33 м/с.

4. Глубину обработки рабочих органов для экспериментов примем от 0,05 до 0,12 м.

Одной из главных задач факторного планирования экспериментальных исследований является поиск математической модели изучаемого процесса.

При полнофакторном планировании искомая математическая модель представляется в виде следующего уравнения регрессии:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=j}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (3.1)$$

где  $x_i, x_j$  - значения факторов;

$b_0$  - свободный член;

$b_i$  - коэффициенты регрессии факторов;

$b_{ij}$  - коэффициенты регрессии факторов двойного взаимодействия.

Коэффициенты уравнения регрессии определяются по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{\sum_{u=1}^n y_{cpu}}{N}; & b_i &= \frac{\sum_{u=1}^n x_{iu} y_{cpu}}{N}; \\ b_{ij} &= \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} y_{cpu}}{N}, \end{aligned} \quad (3.2)$$

где  $y_{cpu}$  - среднее значение выходного параметра;

$N$  - количество опытов;

$x_{iu}, x_{ju}$  - значение двух факторов в  $u$ -м опыте.

Оценка значимости коэффициентов регрессии проводится по критерию Стьюдента при выбранном уровне значимости - 0,05 по формуле:

$$t = \frac{|\beta_i|}{S\beta_i}, \quad (3.3)$$

где  $|\beta_i|$  - абсолютное значение  $i$ -го коэффициента регрессии;

$t$  - критерий Стьюдента;

$S\beta_i$  - квадратичная ошибка коэффициентов регрессии.

Для определения  $S\beta_i$  нужно найти дисперсию коэффициентов регрессии  $S^2\beta_i$ , которая вычисляется так:

$$S^2\beta_i = \frac{S_y^2}{N}, \quad (3.4)$$

где  $S_y^2$  - дисперсия воспроизводимости опыта.

Дисперсия воспроизводимости опыта вычисляется по выражению:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_u^2}{N}, \quad (3.5)$$

где  $S_u^2$  - дисперсия каждого опыта.

Дисперсия в каждой строке находится как

$$S_{bi}^2 = \frac{S_u^2}{N \cdot m}, \quad (3.6)$$

где  $m$  - повторность опытов.

Ошибка коэффициентов регрессии равна:

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_u^2}{N \cdot m}}. \quad (3.7)$$

Оценка однородности дисперсии при одинаковом числе параллельных опытов производится по критерию Кохрена, который определяется из уравнения:

$$\sigma = \frac{S_{y_{max}}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2}. \quad (3.8)$$

При степенях свободы  $f_1 = (m-1)$  и  $f_2 = N_1$ ,  $\sigma_{\text{табл.}}$  определяется согласно и если  $\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{табл.}}$ , то гипотеза об однородности верна.

Дисперсия для каждой точки параллельных опытов определяется так:

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{ui} - y_{cp.u})^2}{m-1}, \quad (3.9)$$

где  $y_{ui}$  - значение функции отклика в  $u$ -й строке  $i$ -ого параллельного опыта;

$y_{cp.u}$  - среднее значение функции отклика в данном опыте.

При этом всю группу дисперсий  $S_u^2$  можно считать оценкой для одной и той же общей дисперсии воспроизводимости, которая вычисляется так:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{ui} - y_{cp.u})^2}{N(m-1)}. \quad (3.10)$$

Далее проверяется адекватность модели по  $F$  - критерию Фишера, определяемой по формуле:

$$F = \frac{S_{a\hat{\sigma}}^2}{S_y^2}, \quad (3.11)$$

где  $S_{a\hat{\sigma}}^2$  - дисперсия адекватности;

$S_y^2$  - дисперсия воспроизводимости.

При этом

$$S_{\text{a}\hat{\sigma}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (y_{\text{cp},u} - \bar{y}_u)^2}{N - d}, \quad (3.12)$$

где  $\bar{y}_{\text{cp},u}$  - средняя величина функции отклика в  $u$ -м опыте при  $m$  повторностях;  $d$  - число коэффициентов модели;  $\bar{y}_u$  - расчетное значение функции отклика для условий  $u$ -го опыта.

Расчетное значение  $F$  сравнивается с табличными  $F_m$  согласно, со степенями свободы  $f_{1a\hat{\sigma}} = N - d$  и  $f_{2a\hat{\sigma}} = N(m-1)$  при выбранном уровне значимости  $q = 0,05$ . Если  $F < F_m$ , то гипотеза об адекватности модели принимается.

Значение уровней и интервалов варьирования факторов представлены в табл. 3.1.

В этом случае коэффициенты регрессии и их ошибки вычисляются методами регрессионного анализа. При этом предварительно находятся следующие константы:

$$C = \frac{N}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}; \quad \lambda = \frac{nN}{(n+2)(N-n_0)}; \\ A = \frac{1}{2\lambda[(n+2)\lambda - n]}, \quad (3.13)$$

где  $n$  - число факторов;

$N$  - общее число опытов;

$n_0$  - число опытов в центре плана.

Далее на основании экспериментов вычисляются следующие суммы:

$$S_0 = \sum_{u=1}^N \bar{y}_u; \\ S_i = \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u, \quad (\text{где } i=1, 2, \dots, n); \\ S_{ik} = \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{yu} \bar{y}_u, \quad (\text{где } i \neq k); \quad (3.14)$$

$$S_{ii} = \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u, \text{ (где } i=1, \dots, n).$$

Расчет коэффициентов регрессии модели производится по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} B_0 &= aN^{-1} \sum y_u - bN^{-1} \sum \sum x_{iu}^2 y_u; \\ B_{ii} &= -bN^{-1} \sum_u y_u + cN^{-1} \sum_u x_{iu}^2 y_u - dN^{-1} \sum_i \sum_u x_{iu}^2 \cdot y_u; \\ B_i &= \lambda_2^{-1} N^{-1} \sum_u x_{iu} y_u; \\ B_{iy} &= \lambda_3^{-1} N^{-1} \sum_u x_{iu} x_{ju} y_u. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Числовые значения (постоянные коэффициенты) параметров плана содержатся в таблице.

Раскодирование (преобразование к именованным величинам) выполним по формулам:

при преобразовании линейных членов уравнения

$$B_i x_i = \frac{B_i}{\varepsilon_i} x_i - \frac{B_i}{\varepsilon_i} x_{oi}, \quad (3.16)$$

при преобразовании членов уравнения, содержащих взаимодействия

$$B_{ij} x_i x_j = \frac{B_{ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j} (x_i x_j - x_i x_{0j} - x_j x_{oi} + x_{oi} x_{oj}), \quad (3.17)$$

при преобразовании квадратичных членов уравнения

$$B_{ii} x_i^2 = \frac{B_{ii}}{\varepsilon_i^2} (x_i^2 - 2x_i x_{oi} + x_{oi}^2). \quad (3.18)$$

Проверка значимости коэффициентов регрессии проводится по  $t$ -критерию Стьюдента ранее изложенным методом.

При этом дисперсии коэффициентов регрессии определяются так:

$$S_{B_0}^2 = \frac{2\lambda^2 A(n+2) S_y^2}{N};$$

$$S_{B_i}^2 = \frac{c S_y^2}{N}, \quad (\text{где } i=1, 2, \dots, n);$$

$$S_{B_{ii}}^2 = \frac{A[(n+1)\lambda - (n-1)c^2 S_y^2]}{N}; \quad (3.19)$$

$$S_{B_{ij}}^2 = \frac{c^2 S_y^2}{N\lambda}; \quad (\text{где } i \neq j).$$

Коэффициент регрессии  $b_i$  значим, если  $|b_i| > S_{Bi} t$ .

Оценка дисперсии воспроизводимости опыта определяется по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{ui} - y_{cpu})^2}{N_0 - 1}. \quad (3.20)$$

Она связана с числом степеней свободы  $f = N_0 - 1$ .

Оценку однородности дисперсии производят по критерию Кохрена.

Адекватность модели проверяется по критерию Фишера по формуле:

$$F_p = \frac{\max(S_{ad}^2, S_{ao}^2)}{\min(S_{ad}^2, S_{ao}^2)}. \quad (3.21)$$

Оценка дисперсии адекватности вычисляется из следующей зависимости:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^a - y_i^p)^2 - S_y^2(n_0 - 1)}{N - 0,5(n+2)(n+1) - (n_0 - 1)}. \quad (3.22)$$

Число степеней свободы, связанные с этой оценкой дисперсии находится из выражения:

$$f_{ad} = N - 0,5(n+2)(n+1) - (n_0 - 1). \quad (3.23)$$

Если в результате обработки экспериментальных данных получена адекватная модель, то можно приступить к ее исследованию известными методами.

## 3.2 Методика полевых опытов

### 3.2.1 Цель и программа полевых опытов

Целью полевых исследований была проверка теоретических выводов и результатов лабораторных экспериментов. Наряду с этим, для завершения комплексного исследования комбинированного рабочего органа возникла необходимость определения его агротехнических и энергетических показателей работы.

Программой полевых исследований было предусмотрено:

1. Изготовление опытных образцов рабочих органов. Обоснование их рациональных параметров и режимов работы.
2. Исследование агротехнических показателей работы рабочего органа культиватора в зависимости от скорости его поступательного движения.
3. Исследование закономерностей изменения энергетических показателей рабочего процесса комбинированного органа в зависимости от скорости его поступательного движения.
4. Определение технико-экономических показателей эффективности обработки почвы культиватором с комбинированными рабочими органами.

С учетом поставленных задач и разработанной программы, полевые эксперименты проводились по схеме, представленной в табл. 3.1.

### **3.2.2 Методика исследования агротехнических показателей работы**

Агротехнические исследования проводились на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого механического состава на полях ООО «Хаерби» Лайшевского муниципального района РТ. Для сравнения агротехнических показателей работы использовался серийный культиватор КПС-4 с зубовыми боронами БЗСС-1, а также культиватор КБМ-4,2.

Опыты проводились по общепринятой методике согласно ГОСТов и ОСТов. Программа агротехнической оценки работы комбинированных рабочих органов и машины в целом включена следующие вопросы:

- а) изучение степени крошения;
- б) исследование гребнистости, вспущенности, выравненности поверхности поля;

в) определение высоты гребня между смежными рабочими органами и твердости дна борозды;

г) определение степени уничтожения сорной растительности;

В результате проведенных опытов производилась окончательная оценка степени совершенства комбинированных рабочих органов путем сравнения агротехнических показателей их работы и данных урожайности.

Исследование степени крошения почвы. При определении степени крошения почвенные пробы брались с участка каждого варианта опыта согласно общепринятой методике в четырех местах по диагонали участка, соответствующих проходам агрегата в обоих направлениях. Разделение почвы на фракции производили по методике ГОСТ 2911-54, ОСТ 70.4.1.-74. Кроме того, с целью определения распыления почвы был определен ее агрегатный состав до и после прохода агрегата. При каждом опыте брали пять проб при помощи специально изготовленного почвенного бура из всего обработанного слоя. Проба высушивалась до воздушно-сухого состояния. Комки крупнее 25 мм отделяли вручную, а оставшуюся часть почвы просеивали через колонку сит и взвешивали каждую фракцию. При этом определяли количество пыли (частиц диаметром меньше 0,25мм) и общее количество эрозионноопасных частиц размером до 1 мм.

Исследование гребнистости и вспущенности пашни. Гребнистость пашни определялась путем профилирования. Замеры проводились через каждые 5 см по всей ширине захвата агрегата. При этом одновременно проводилось и профилирование дна борозды. По этим данным на миллиметровой бумаге вычерчивались профили поля до и после прохода агрегата и дна борозды. По ним определялись гребнистость, вспущенность пашни и высота гребней на дне борозды, оставшихся между смежными рабочими органами.

Гребнистость почвы в процентах вычисляли по формуле:

$$\Gamma = \frac{\ell_1 - \ell}{\ell} \cdot 100, \quad (3.24)$$

где  $\ell$  - длина прямой линии поперек направления обработки;  $\ell_1$  - длина ломаной линии копирования микрорельефа поля.

Вспущенность почвы в процентах определяем по выражению:

$$K_B = \frac{\Delta F}{F} \cdot 100, \quad (3.25)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения необработанного слоя почвы;

$\Delta F$  - прирост площади поперечного сечения после обработки.

Для определения твердости почвы и дна борозды использовали твердомер конструкции Ю. Ревякина. Кроме рассмотренных показателей вначале и в конце каждой серии опытов определялась влажность, объемная масса и плотность почвы по общепринятой методике.

Определение степени уничтожения сорной растительности. Степень уничтожения сорняков в зоне обработки определяли отношением количества растений, подрезанных после прохода агрегата, к количеству сорных растений, имевшихся до обработки на площади, ограниченной шириной захвата орудия и длиной, равной 0,5 м по ходу движения, в шестикратной повторности согласно ОСТ 70.2.15-73.

После прохода агрегата отдельно подсчитывали количество подрезанных сорняков в зоне обработки.

Определение урожая зерна. Конечным критерием оценки совершенства различных технологий является величина урожая. Учет урожая зерна производился путем использования пробных площадок и сплошной уборки прямым комбайнированием, согласно методике полевого опыта.

Таблица 3.1 - Программа и схема полевых опытов

Постоянные параметры				Наименование орудий	Изменяемые параметры и их значения					
$2\sigma$ , мм	$h_h$ мм	$a$ , мм	$V_e$ , км/ч		параметры	Варианты				
						1	2	3	4	
285	25	50-120	-	H1-H2*	$V_e$ ,км/ч	6,0	7,5	9,0	10,5	
285	25	80	-	H1	$V_e$ ,км/ч	6,0	7,5	9,0	10,5	
285	-	80	-	H2	$V_e$ ,км/ч	6,0	7,5	9,0	10,5	

\* H1-КБМ-4,2

H2-КПС-4

### 3.2.3 Методика обработки результатов полевых опытов

Обработка экспериментальных данных проводится методом вариационной статистики на компьютере с применением пакета программ «Statistica 6».

При этом определяется:

а) среднеарифметическое отклонение

$$M = \frac{\sum V}{n}, \quad (3.26)$$

где  $M$  – среднеарифметическое отклонение, (размерность той физической величины, которая определяется);

$\sum V$  - алгебраическая сумма показателей наблюдений;

$n$  - число наблюдений.

б) среднеквадратичное отклонение

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}, \quad (3.27)$$

где  $\delta$  - среднеквадратичное отклонение (размерность той физической величины, которая определяется);

$\sum x^2$  - сумма квадратов отклонений всех вариантов от среднеарифметического;

$n$  - число наблюдений.

в) средняя ошибка опыта:

$$m = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \quad (3.28)$$

г) показатель точности

$$P = \pm \frac{100 \cdot m}{M}, \quad (3.29)$$

где  $P$  - показатель точности.

### 3.2.4 Методика определения погрешности измерений и повторности экспериментов

Погрешность измерения любой исследуемой величины слагается из:

- погрешности измерительного прибора или инструментальной погрешности;
- погрешности измерения, возникающей от эксплуатации прибора, от выбранного метода измерений, а также от способа снятия показаний и обработки полученных данных.

Погрешности по своему численному выражению разделяются на два вида: абсолютные погрешности, выраженные в единицах измеряемой величины; относительные погрешности, выраженные в процентах к измеряемой величине:

$$\alpha = \frac{\Delta}{M} \cdot 100\% . \quad (3.30)$$

В общем виде источником погрешности измерения могут быть следующие случайные ошибки:

- $\Delta_1$  - несистематическая инструментальная ошибка прибора (по паспорту);
  - $\Delta_2$  - ошибка из-за нечувствительности прибора;
  - $\Delta_3$  - ошибка отсчета или ошибка округления отсчета;
  - $\Delta_4$  - визуальная ошибка;
  - $\Delta_5$  - ошибка, вследствие несвоевременного включения и выключения прибора;
  - $\Delta_6$  - ошибка, не учитываемая при опыте (свойственна машине или среде).
- При наиболее неблагоприятном случае суммарная максимально возможная погрешность будет:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n, \quad (3.31)$$

где  $\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3; \dots \Delta_n$  - наибольшие абсолютные значения отдельных погрешностей.

Ввиду малой вероятности получения максимальных величин погрешностей одного знака в отдельных звеньях, подсчет общей погрешности целесообразно проводить на базе теории вероятности. Согласно теории вероятности можно считать (с вероятностью 99,7%), что если частные погрешности в звеньях носят случайный характер, то максимальное значение общей погрешности будет равно среднему квадратичному из значений погрешностей всех элементов:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots \Delta_n^2}. \quad (3.32)$$

Точность результатов единичного опыта или измерение оценивают на основании предельной ошибки результата, которая может быть определена только по предельным ошибкам измерений 1 и 2.

Для массовых измерений математическая статистика дает метод непосредственного подсчета ошибок среднего арифметического.

Для этого из результатов измерений определяют среднее арифметическое:

$$M = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (3.33)$$

где  $X_i$  - результат отдельного измерения.

Затем находят отклонения результатов отдельных измерений от средней арифметической:

$$\delta_i = X_i - M. \quad (3.34)$$

После чего может быть подсчитана величина средней квадратичной ошибки, произведенного ряда измерений по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n-1}}.$$

Ошибка среднего арифметического:

- абсолютная

$$M = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}}. \quad (3.35)$$

- относительная

$$\Delta_0 = \pm \frac{m}{M} \cdot 100\%. \quad (3.36)$$

Для характеристики степени рассеянности ряда, например, степени неравномерности тягового сопротивления и устойчивости хода рабочих органов сельскохозяйственных машин и так далее пользуются коэффициентом вариации:

$$V = \frac{\delta}{M} \cdot 100\%. \quad (3.37)$$

При определении суммарной погрешности результата опыта можно исходить из следующих положений теории ошибок.

Если  $M$  - истинная величина;

$\pm dM$  - абсолютная ошибка результата определения величины  $M$ ;

$X$  - результат измерения величины, функцией которой является  $M$ , а величина  $\pm dx$  ошибка измерения, то

$$M \pm dM = f(x \pm dx). \quad (3.38)$$

Разлагая это выражение в ряд Тейлора:

$$M \pm dM = f(x) \pm dx \frac{df(x)}{dx} \pm \frac{(dx)^2}{12} \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \pm \dots \quad (3.39)$$

и учитывая, что вторые и более высокие степени ошибок лежат за пределами точности измерений и ими можно пренебречь, получим выражение

$$M \pm dM = f(x) \pm dx \frac{df(x)}{dx}, \quad (3.40)$$

Откуда

$$dM = \pm dx \frac{df(x)}{dx}, \quad (3.41)$$

то есть абсолютная ошибка функции равна абсолютной ошибке аргумента, умноженной на производную этой функции. Для сложной функции:

$$M = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (3.42)$$

Абсолютная ошибка равна сумме частных ошибок, в каждой из которых за переменную принимается только один из аргументов, то есть:

$$dM = \pm \left( dx_1 \frac{dM}{dx_1} + dx_2 \frac{dM}{dx_2} + \dots + dx_n \frac{dM}{dx_n} \right). \quad (3.43)$$

От абсолютной ошибки легко перейти к относительной зная, что относительная ошибка какой-либо величины является частным от деления абсолютной ошибки на эту величину, то есть:

$$\frac{dM}{M} = \pm \frac{1}{f(x_1, x_2, \dots, x_n)} \left( dx_1 \frac{dM}{dx_1} + dx_2 \frac{dM}{dx_2} + \dots + dx_n \frac{dM}{dx_n} \right). \quad (3.44)$$

Технику вычисления ошибки результатов опыта удобнее производить следующим образом:

- оценить размеры частных предельных погрешностей по отдельным элементам измерений, входящих в опыт;
- оценить относительную ошибку результата;
- от относительной ошибки перейти к абсолютной ошибке результата.

Для приборов и инструментов (рулетка, линейка, угломеры, секундомер, вольтметр и т.д.) максимальная величина погрешностей принимается равной  $\pm 3\%$ . Так как в измеряемых показателях в своих текущих значениях погрешность носит случайный характер, то наиболее приемлемой в этом случае является математическая обработка данных методом вариационной статистики, образующейся на основе теории вероятности, элементы, которой были изложены выше.

Достоверность полученных экспериментальных данных проверялась путем проведения систематических контрольных опытов с большим числом повторностей.

В заключение отметим, что описанные общие и частные методики позволили всесторонне исследовать и испытать комбинированный рабочий орган, решить вопрос о целесообразности внедрения его в сельскохозяйственное производство.

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1 Исследование агротехнических показателей работы культиватора

Исследуемые культиваторы, использованные в полевых условиях, оценивались по агротехническим, показателям его работы. В результате полевые опыты, по агротехнической оценке, работы данного орудия проводились на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого механического состава в широком диапазоне скоростей поступательного движения агрегата. Твердость почвы в горизонтах 0...5, 5...12 см находилась в пределах 0,70...1,15 МПа, а влажность 19,8%.

Результаты исследований показывают, что степень крошения почвы рассмотренными машинами с увеличением скорости поступательного движения также возрастает, причем, при одних и тех скоростях поступательного движения культиватор КБМ-4,2 обеспечивает более высокие показатели крошения, чем агрегат КПС-4. Так, при увеличении скорости от 3,6...12,0 км/ч содержание частиц почвы диаметром 25 мм и менее увеличилось от 68,0 до 84,0%, тогда как у КПС-4 оно составило 54,5...74,2% (рисунок 4.1).

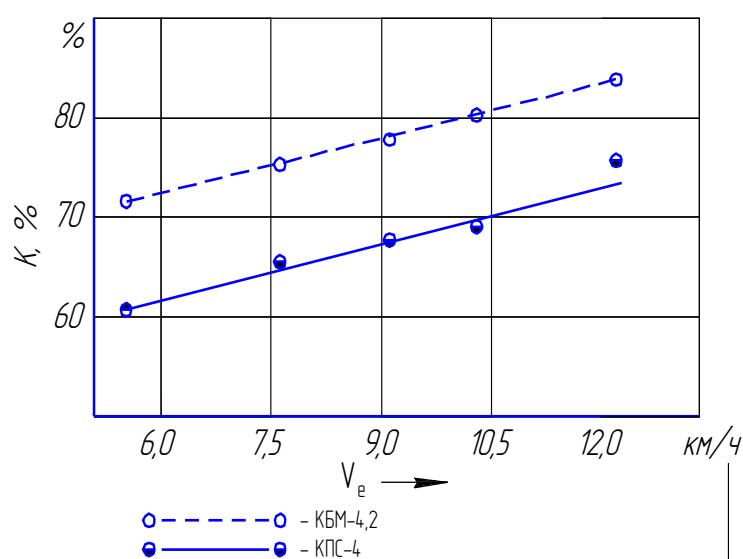


Рисунок 4.1 – Изменение показателей крошения (К) почвы в зависимости от скорости поступательного движения агрегата

Основными показателями, характеризующими микрорельеф пашни и ее пригодность к посеву, являются гребнистость и выравненность поверхности почвы. Выявлено, что по мере увеличения скорости обработки гребнистость почвы уменьшается. На скоростях движения культиватора КБМ-4,2 10,5...12,5 км/ч средняя высота гребней колебалась в пределах 2,9...3,8 см, а показатель гребнистости не превышал 5,8%. У КПС-4 эти показатели были выше, соответственно в 1,4 и 1,8 раза.

С изменением глубины обработки гребнистость поверхности поля после прохода КБМ-4,2 и КПС-4 практически не отличались. При мелкой обработке (3...5 см) высота гребней находилась в пределах 1,2...2,7 см, при глубокой (5...12 см) – в пределах 2,7...4,8 см.

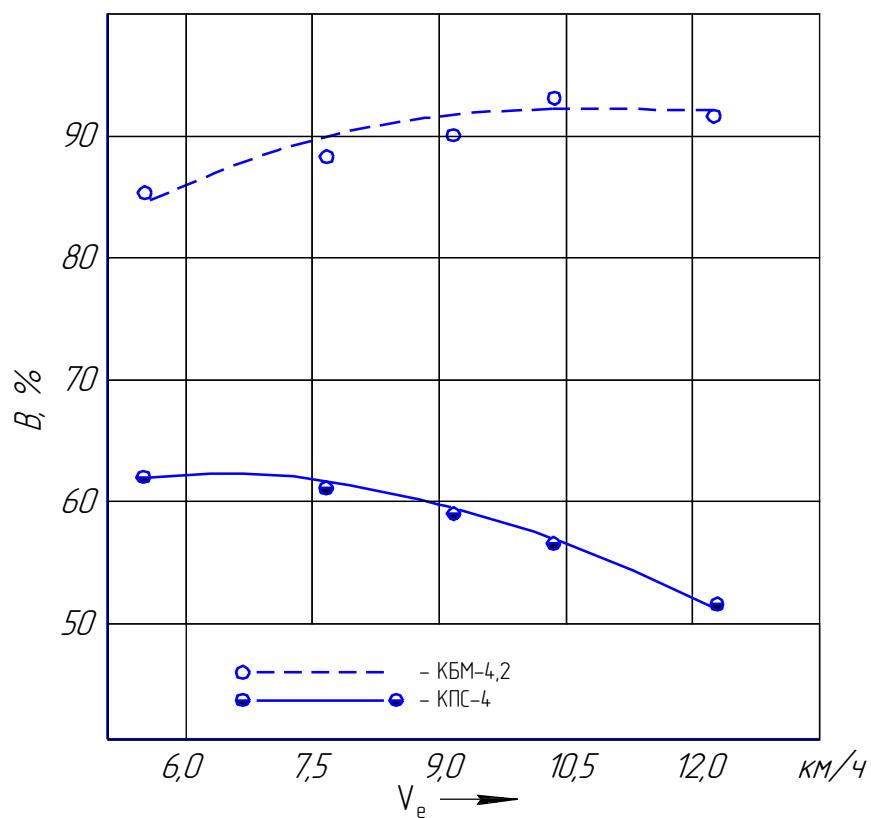


Рисунок 4.2 – Изменение показателя выровненности почвы в зависимости от скорости поступательного движения агрегата

Кроме того, опыты показали, что степень выравненности поверхности поля с ростом скорости движения до определенной величины улучшается (рисунок 4.2). При этом с повышением скорости КБМ-4,2 до 10,5 км/ч этот показатель изменяется в пределах 84,6...89%. При обработке почвы КБМ-4,2 максимальная выровненность поля соответствует зоне скоростей движения 10,5...12,0 км/ч. Увеличение скорости движения выше указанных пределов приводит к снижению показателя выровненности. Это связано с уменьшением глубины их хода и увеличением дальности отбрасывания почвы.

На рисунке 4.3 в виде графиков приведены результаты исследования вспущенности почвы в зависимости от скорости движения КБМ-4,2 и КПС-4, а также от глубины обработки почвы.

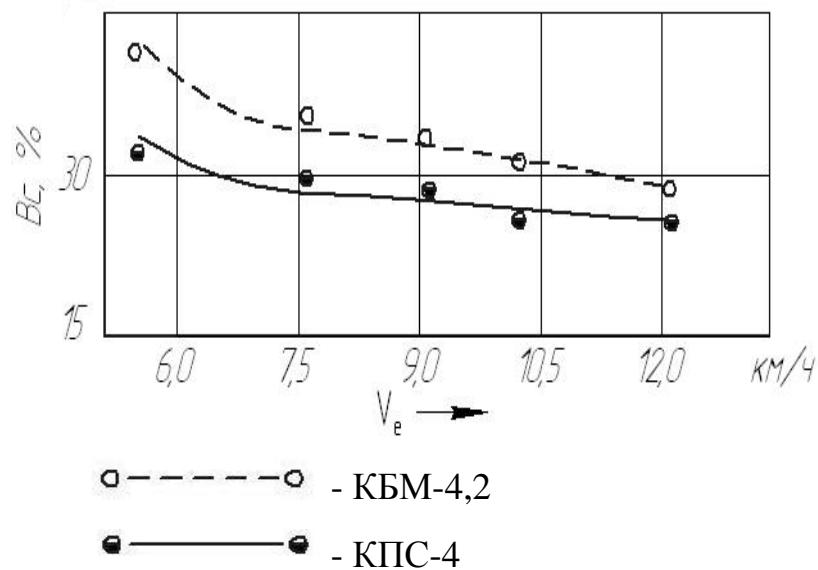


Рисунок 4.3 – Изменение показателей вспущенности (Вс) почвы в зависимости от скорости поступательного движения агрегата.

Из графиков видно, что возрастание поступательной скорости исследованных культиваторов влечет за собой уменьшение показателя вспущенности почвы по вогнутой кривой. При этом высокий показатель вспущенности получается после обработки почвы агрегатом КБМ-4,2. Это объясняется лучшей крошащей способностью рабочих органов КБМ-4,2.

Так, на скоростях движения 6,0…9,5 км/ч показатель вспущенности у культиватора КБМ-4,2 на 1,9…3,3 раза выше, чем у культиватора КПС-4.

Также исследованы показатели заглубляемости и устойчивости глубины хода рабочих органов культиваторов, результаты которых в виде графических зависимостей представлены на рисунке 4.4. Заглубляемость рабочих органов оценивалась по времени и длине пройденного ими пути до полного заглубления. Пройденный путь до полного заглубления рабочих органов КПС-4 на глубину 0,12 м составил 2,79 м, а для культиватора КБМ-4,2 – 0,52 м. При этом, время заглубления рабочих органов культиватора КПС-4 и рабочих органов КБМ-4,2, соответственно, было равно 1,70 с и 0,58 с. В зависимости от глубины и скорости обработки рабочий орган КБМ-4,2 обеспечивал в 1,7…2,2 раза лучшую заглубляемость, чем рабочие органы культиватора КПС-4.

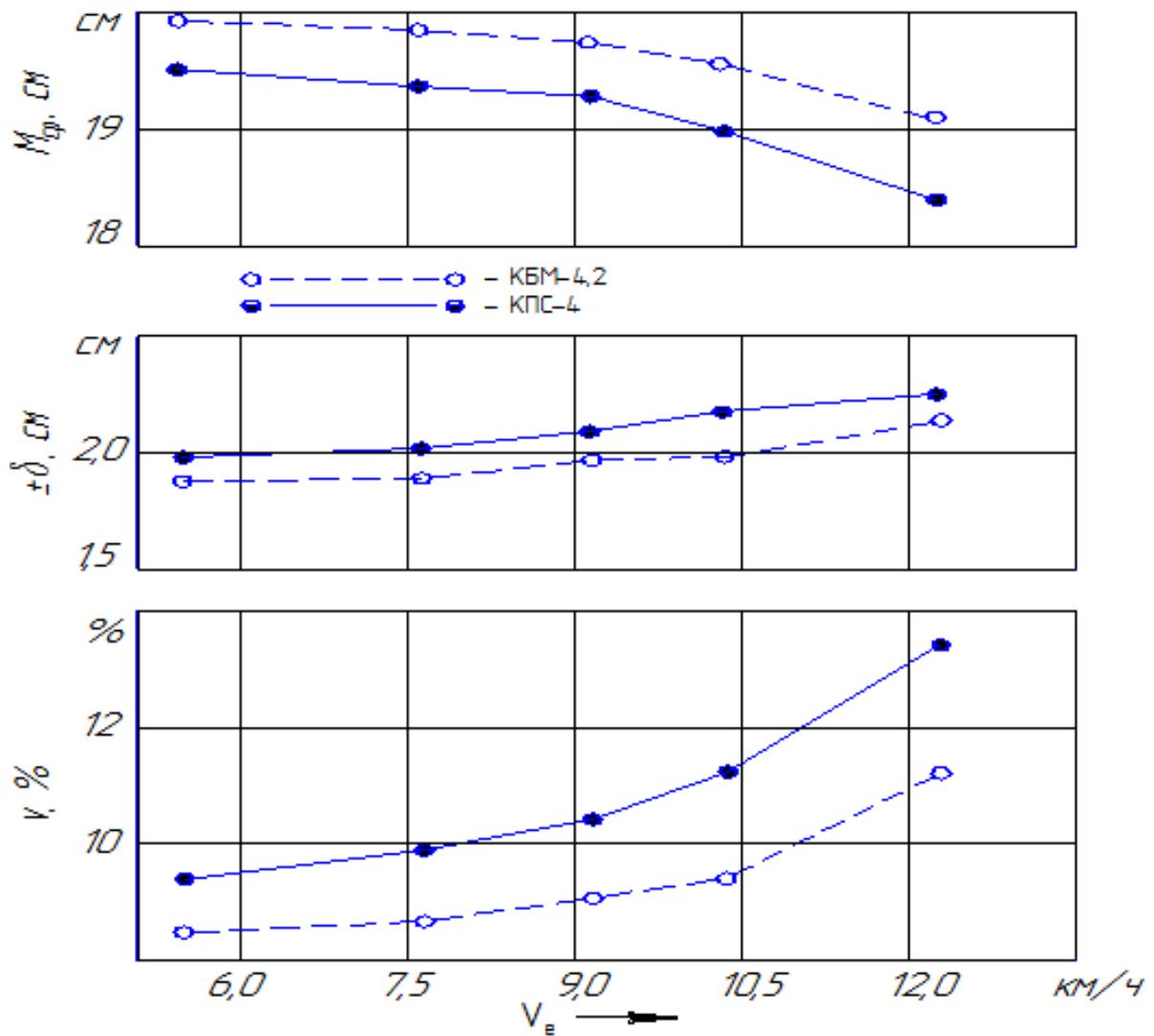


Рисунок 4.4 – Вариационные кривые изменения глубины хода рабочих органов исследуемых культиваторов в зависимости от их скорости движения

Устойчивость хода рабочих органов культиваторов можно определить сравнивая данные по установочной и фактической глубине их хода. При этом неравномерность глубины обработки характеризует среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации  $V$ .

По результатам исследований рабочий орган КБМ-4,2 обеспечивает фактическую глубину обработки в пределах установочной, а фактическая глубина хода рабочего органа КПС-4 была получена несколько ниже установочной из-за неравномерности глубины хода по ширине захвата.

С изменением скорости от 5,5...12км/ч глубина хода рабочих органов КБМ-4,2 на их устойчивость хода практически влияние не оказывает, но рабочие органы КПС-4 с повышением скорости интенсивно ухудшали равномерность глубины их хода. При этом, увеличение скорости обработки приводит к уменьшению глубины обработки рабочим органом КПС-4 на 1,3 см, т.е. на 8,8%, превышающий отклонение допустимой величины по глубине обработки ( $\pm 2\text{см}$ ), причем коэффициент вариации по глубине обработки по рабочему органу КПС-4, в зависимости от скорости движения и состояния почвы, колеблется от 9,3 до 13,5 %, а по рабочему органу КБМ-4,2 составил 8,5...11,4%.

Гребнистость почвы на дне борозды исследовалась на полях ООО «Хаерби» Лайшевского муниципального района Республики Татарстан.

Обычно при выборе конструктивных параметров рабочих органов культиватора исходят из того, чтобы высота гребня была минимальной. Однако следует отметить, что гребнистость дна борозды не всегда является отрицательным показателем. Например, при обработке почвы поперек склона наличие гребней способствует задержанию талых вод.

Кроме того, во всех опытах плотность почвы на дне борозды после прохода КБМ-4,2 получена ниже, чем КПС-4 на 10,5... 13,6%.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенными полевыми исследованиями выявлено, что: а) при обработке почвы культиватором КБМ-4,2 показатель вспущенности также выше, чем у культиватора КПС-4, а) гребнистость поверхности не превышает 5,8%, степень выравненности поверхности поля с повышением скорости увеличивается до 84,6...89%; б) степень крошения, почвы при обработке культиватором КБМ-4,2 на всех режимах работы выше, чем у агрегата КПС-4 (на 9,8...13,5%); в) в зависимости от скорости хода и глубины рабочий орган КБМ-4,2 обеспечивает лучшую заглубляемость и более высокую устойчивость глубины в 1,7...2,2 раза. При этом коэффициент вариации ниже, чем у агрегата КПС-4 на 0,8...2,1%, а среднеквадратическое отклонение глубины обработки с повышением скорости не превышает допускаемой величины до 12 км/ч; г) степень уничтожения сорняков в среднем на 29,4% больше по сравнению с КПС-4.

2. Полевые исследования агротехнических показателей культиватора КБМ-4,2 подтвердили выводы о том, что он заметно улучшает качество предпосевной обработки почвы и может обеспечить повышение урожайности возделываемых культур в среднем на 13-15% (по сравнению с другими существующими культиваторами).

Анализ результатов исследований позволяет сформулировать основные требования и некоторые практические рекомендации:

- с целью получения необходимого качества выполнения технологического процесса следует проводить обработку почвы на скоростях поступательного движения агрегата в пределах от 7,2 до 12 км/ч.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анискин, В.И. Комплекс почвозащитной техники нового поколения.
2. В.И. Анискин, А.П. Спирин // Техника в сельском хозяйстве, 2001 г.
- № 3.
3. Бауков, А.В. Исследование и обоснование формы рыхлительных рабочих органов культиваторов для почв юга Украины: Автореф. дис.к.т.н.: 05.20.01. А.В. Бауков. Мелитополь, 1969.ч
4. Бахтин, П.У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв / П.У. Бахтин// М;: Колос, 1969.- 268с.
5. Булгариев, F.F. Рабочий/орган культиватора-плоскореза / Г.Г. Булгариев, Х.С. Гайнанов// А.С. № 1794329. Опубл. в Б;И., 1993, №6.
6. Василенко, П.М. Культиваторы / П.М. Василенко, П.Т. Бабий II-Киев: АН УССР, 1961. 238с.
7. Власов, Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники / Н.С. Власов // М.: Колос, 1979. - 400с.
8. Воробьев, В.И. Исследование тягового сопротивления и технологических показателей комбинированных почвообрабатывающие-посевных агрегатов: Автореф. дис. к.т.н.: 05.20.01.В.И. Воробьев Горки, 1975. -24с.
9. Гаврильченко, А.С. Обоснование формы лезвия культиваторной лапы /А.С. Гаврильченко // Збірник наукових праць Вінницького державногоаграрного університету. Вінниця. — 2004. - Вип. 19. - С. 189.
10. Гареев, Р.Г. Ресурсосберегающие технологии и экономические нормативы производства продукции-растениеводства в условиях Республики Татарстан / Р.Г. Гареев и др// МСХиП РТ. Казань. 2002,278 с.
11. Гайнанов, Х.С. Почвообрабатывающее орудие / Х.С. Гайнанов, Е.В. Ермолко, Г.Г. Булгариев и др. // А.С. №1586541. Опуб. в Б.И.,1990.- №31.

12. Гниломедов, В.П. Обоснование новой формы стрельчатых лап культиватора для работы на повышенной скорости в условиях Юго-Востока / В.П. Гниломедов// Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 20. - М.: 1965. -210с.
13. Горячkin, В.П. Собрание сочинений, т.т. 2,3,4,6,7 / В.П. Горячkin//»J
14. ГОСТ 24026-80 "Планирование" эксперимента. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1980. — 35с.
15. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. - 416с.
16. Дроздов, В.Н. Исследование технологического1 процесса работы комбинированных орудий для предпосевной обработки почвы под зерновые культуры в условиях центра-Нечерноземной зоны: Автореф. дис.к.н. В.Н. Дроздов -М.: 1972. -28с.
17. Ефимов, А.Б. Осесимметричная контактная задача для линейных вязко-упругих тел / А.Б. Ефимов// -(Вестник МГУ, 1966.- №2.
18. Желиговский, В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии с.-х. материалов»/ В.А. Желиговский// Тбилиси: Изд. Грузинского СХИ, 1960. - 146с. 1
19. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие /В.А.Заленский, Я.У. Яроцкий// - Мн.: Беларусь, 2004. 542 с.
20. Зеленин, А.Н'. Резание грунтов / А.Н. Зеленин// М., 1969. -271с.
21. Козырев, Б.М. Почвообрабатывающие машины с коноидальными ротационными рабочими органами /Б.М.Козырев// -Казань:Изд-во Казан.унта,2001г.-328с.
22. Кирюшин, В.И. Минимальная обработка почвы: перспективы и противоречия/ В.И. Кирюшин // Земледелие.- 2006-№5.- с 12-14.
23. Колипко, В.П. Эффективные агротехнологии и серийные машины / В.П. Колипко // Техника и оборудование для села, 2006, №10, сб.

24. Краснощеков, Н.В. Новая технология и техника для предпосевной обработки почвы / Н.В. Краснощеков и др. //Техника и оборудование для села. 2003, №2, с. 5-8. ,
25. Краснощеков, Н.В. Почвообрабатывающе — посевной комплекс для энерго-ресурсосберегающего производства продукции растениеводства / Н.В. Краснощеков, В.В. Бледных, Н.К. Мазитов // Достижения науки и техники АПК, 2008, №5. • .v,..:v 154 ,: • . . . .
26. Кузменко, И.М. Механика разрушения / И.М. Кузменко // Могилев: МГТУ, 2001.
27. Кушнарев, А.С. Проектирование рыхлительных рабочих органов культиваторов /А.С. Кушнарев, А.В.Бауков, В.М. Найдыш // Киев: 1979:
28. Луканин, Ю.В. О линейной деформируемости почв / Ю.В. Луканин// Ученые записки факультета механизации Пензенского СХИ, вып.8,- Пенза, 1967. : : ' .
29. Лукьяненко, П.П; Рабочий орган культиватора' плоскореза: /П.ПЛукьяненко, А.Т.Марченко, А.К.Кириченко// А.С. №1130180. Опубл. В Б.И., 1984.- № 47. . \
30. Мазитов, Н.К. и др. Ресурсосберегающая технология предпосевной обработки почвы и посева / Н.К. Мазитов // Земледелие, 2005, №4, с 36-37.
31. Мазитов, Н.К. Энерго- и ресурсосберегающие технологии обработки почвы, и посева / Н.К. Мазитов, Т.Г. Тагирзянов, Н.Т. Хлызов и др // Техника в сельском хозяйстве, 2006, №6, с.28-32.
32. Мазитов, Н.К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины / Н.К. Мазитов// Казань, 2003. — 456с.
33. Макаров, П.И. Разработка и исследование комбинированного рабочего органа ротационного плуга. Автореф. дис.к.т.н.: П.И.Макаров. Казань, 1982. - 228с.
34. Маневич, Ш.С. Простейшие статистические методы анализа результатов наблюдений и планирования экспериментов. /Ш.С. Маневич// Казань: КСХИ, 1970.- с. 69-72, 7. 12.

35. Манюта, И.В. Некоторые экспериментально-теоретические исследования деформации торфянного грунта двугранным клином. /И.В.Манюта //Труды научно-технической конференции, Мн., 1988.
36. Мельников, СВ. Планирование эксперимента в исследованиях с.-х. процессов. /С.В.Мельников и др. // П.: Колос, 1980. - 168с.
37. Мухин, Ю.С. Семейство комбинированных орудий типа РВК для предпосевной подготовки почвы /Ю.С.Мухин, Ю.И.Кузнецов, В.Н.Дроздов // М.: Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1985. -№9. с. 43.46.
38. Налимов, В.А. Теория эксперимента / В.А.Налимов // М.: Наука, 1971.- 207с.
39. Никифоров, П.Е. Исследование работы культиваторов на повышенных скоростях /П.Е. Никифоров// Вестник сельскохозяйственной науки. —1960.- №5.
40. ОСТ 70.2.15-73. Испытание с.-х. техники. Методы определения условий испытаний. М., 1974.-24с. •т
41. Патент ОРФ 2251699. Комбинированное орудие. Опубл. в реф. журнале: Механизация и электрификация с.-х., 1975:- №7.
42. Спирин, И.А. Сельскохозяйственная техника и технологии / И.А. Спирин, А.Н.Орлов. В .В. Ляшенко и >др// под ред И. А. Спицина. М.б Колос, 2006.-647 с, м-- '
43. Синеоков, Г.Н. Рабочие органы культиваторов / Г.Н.Синеоков // В кн.: Теория, конструкция и производство с.гх. машин - М.-Л.: Сельхозгиз, 1936.-Т.4
44. Синеоков; Г.Н. Сопротивление почвы, возникающее при ее обработке (Том 1 и 2): Дис. д.т.н. М., 1954.
45. Теличкина, Н.А. Экспериментальная установка для мелкой поверхностной обработки почвы / Н.А. Теличкина // Материалы XLVIII международной научно-технической конференции «Достижения науки — агропромышленному производству», часть 4: Челябинск. 2009.

46. Технологические и экономические аспекты минимальной обработки почвы на Южном Урале Проект Тасиз FDRUS 9901 « Управление хозяйством на Южном Урале. 2001. \
47. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. М.: Роснисагропром,2002. -416с.
48. Шипачев, В.С. Высшая математика / В.С. Шипачев // М.: Высшая школа, 2003.- 479с.
49. Koller K, Flammer M. Der Einsaiz der Grubbers in der LandwirtschaftlicherPraxis Praktische Landtechnik, 1997, Vol 32, №10.s 401407.
104. Thysen I. Agriculturt in the information Society. Journal agric. . Engng/Res., 2000, Vol. 76, pp297-303.