

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

на правах рукописи

 03.06.2019

(подпись, дата)

Габтрахимов Ильшат Маратович

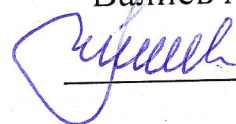
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Научно-квалификационная работа (диссертация)

на соискание квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»
по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и
энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Научный руководитель

Валиев А.Р., д.т.н., проф.

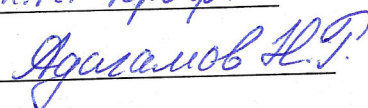
 03.06.2019

(подпись, дата)

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к представлению научного
доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной
работы (диссертации) на государственной итоговой аттестации

(протокол № 14 от 3.06 2019 г.)

Зав. кафедрой д.т.н. проф.



ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Казань – 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
1.1 Агротехнические и технологические основы поверхностной обработки почвы	9
1.2 Обзор конструкций почвообрабатывающих машин для поверхностной обработки почвы.....	15
1.3 Классификация ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	21
1.4 Обзор теоретических исследований ротационных почвообрабатывающих орудий.....	29
1.5 Обзор технологий обработки почвы под культуры возделываемые в Татарстане.....	37
1.6 Выводы, цель и задачи исследований.....	42
ГЛАВА II ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	44
2. Теоретические исследования парно-дискового ротационного орудия.....	44
2.1 Зависимости деформации пласта почвы между дисками рабочего органа...	44
2.2 Исследование возможности отделения частиц почвы от массива	52
2.3 Движение почвы по дискам после отделения монолита.....	54
ГЛАВА III ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	60
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	60
3.2 Устройство экспериментальной установки.....	61
3.3 Выбор факторов и интервалов их варьирования для математического планирования лабораторных работ.....	64

3.4 Выбор факторов и интервалов их варьирования для математического планирования полевых опытов с парно-дисковой экспериментальной установкой.....	65
ГЛАВА IV РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОТАЦИОННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	66
4.1 Оценка степени крошения почвы рабочим органом ротационного орудия.....	66
4.2 Результаты исследований по отделению частиц почвы от массива и их движению.....	72
4.3 Результаты исследований по вычёсыванию сорных растений из почвы.....	75
4.4 Опыт по определению степени вычёсывания сорняков из почвы	76
ГЛАВА V ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ.....	78
Экономическая эффективность нового почвообрабатывающего орудия.....	78
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	88
ЛИТЕРАТУРА.....	89
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	102

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики государства. Его состояние и действенность аграрных отраслей оказывают решающее влияние на уровень продовольственного обеспечения и благосостояния народа. Основу сельского хозяйства составляет растениеводство, как первичное звено производства пищи, как для животноводства, так и для прямого употребления человеком. Испокон веков основной операцией в отрасли растениеводство оставалось обработка почвы. Обработка почвы проводится с целью улучшения структуры, физико-механических свойств почвы, а так же для уничтожения сорных растений и разрушения мест зимовок множества вредителей. Но в последнее время, для уничтожения сорных растений, и вредителей всё чаще применяют химические средства. Развитие методов ведения сельского хозяйства, включая начало применения ядохимикатов, повысило урожайность в современном сельском хозяйстве сначала в два, а вскоре и в восемь раз, начиная с 1940-х годов. О вреде химических средств не приходится спорить, так как в трудах множества учёных описаны губительные для человека и окружающей среды последствия применения химикатов. В 1962 году Рейчел Карсон опубликовала книгу «Безмолвная весна», и стала инициатором законодательных проектов по ограничению применения химикатов, и установления контроля над этой деятельностью во всём мире. Сегодня пестициды находятся под гораздо более пристальным наблюдением со стороны правительственных и неправительственных организаций. Идеальный пестицид должен уничтожать целевых вредителей, не вызывая каких-либо побочных эффектов для человека, нецелевых растений, животных и окружающей среды. В большинстве случаев используемые пестициды близки к этому стандарту. Однако они имеют свои недостатки, и их использование влияет на здоровье человека и окружающую среду.

Конечно же, полностью исключить применение химикатов задача огромной сложности, но за счёт биологических средств, способствованию увлечения биологических врагов вредителей, а так же улучшения качества обработки почвы можно в некоторой степени уменьшить применение пестицидов.

Как мы заметили, одним из путей решения этой глобальной проблемы, улучшения качества обработки почвы, а именно улучшение степени уничтожения сорных растений. Но акцентировав внимание на уничтожении сорных растений, не стоит забывать и о других задачах обработки почвы. Одним из самых эффективных операций по обработке почвы, которая обеспечивает высокую степень уничтожения сорняков – это вспашка с оборотом пласта, где сорняки заделываются в почву на 25-27 см и не могут продолжать рост из-за плохих условий для прорастания. Но с целью защиты почвы от эрозии, а также в зависимости от технологии возделывания, не всегда допускается отвальная обработка. В этом случае задача уничтожения сорняков возлагается на поверхностную обработку почвы.

Однако, на сегодняшний день технологии и технические средства для поверхностной обработки почвы не в полной мере обеспечивают показатели качества выполнения технологического процесса и являются достаточно энергоемкими. Применяемые орудия для поверхностной обработки почвы оборудованы в основном неподвижными рабочими органами, которые не всегда обеспечивают полное и качественное выполнение агротехнических приёмов, что в конечном итоге отрицательно сказывается на качестве выполнения технологического процесса.

В связи с этим, основной составляющей, при разработке нового почвообрабатывающего орудия, является высокая производительность при меньших затратах с сохранением или улучшением агротехнических показателей (степени крошения почвы, уничтожения сорняков, уменьшение гребнистости поверхности поля и дна борозды, мульчировании и др.).

Поэтому, в современных условиях, актуальной задачей является разработка почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами для поверхностной обработки почвы, обеспечивающего:

- высокую степень крошения почвы рабочими органами за счет деформации отрезаемого пласта;
- полное подрезание и уничтожение сорняков, выравнивание поверхности поля;
- снижение энергоемкости процесса обработки за счет скользящего резания почвы;
- создание мульчированного слоя в верхних слоях почвы (измельчение растительных остатков, стерни и перемешивание их с поверхностным слоем);
- повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет повышения качества обработки почвы;
- получение простой при эксплуатации конструкции, не требующий больших затрат на ремонт.

Степень разработанности. Анализ известных теоретических исследований в области ротационных почвообрабатывающих орудий показал, что они не в полной мере позволяют определять рациональные конструктивно - технологические параметры орудий с парно-дисковыми рабочими органами. Следовательно, создание математических моделей, описывающих взаимодействие новых ротационных рабочих органов с обрабатываемой почвой, обоснование рациональных значений конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающего орудия, обеспечивающих повышение качества поверхностной обработки почвы, является актуальной и практически значимой научной задачей.

Цель работы. Повышение качества поверхностной обработки почвы путем обоснования параметров и разработки орудия с парно-дисковыми ротационными рабочими органами.

Задачи исследования.

1. На основе анализа современных достижений науки и техники разработать конструктивно-технологическую схему почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами для поверхностной обработки почвы.

2. Провести теоретическое обоснование и определить рациональные значения основных конструктивно-технологических параметров ротационного почвообрабатывающего орудия.

3. Исследовать процесс взаимодействия ротационного рабочего органа с почвой и оценить качество обработки почвы.

4. Провести испытания почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами для поверхностной обработки почвы, определить экономическую и энергетическую эффективность его использования.

Объект исследований. Технологический процесс и техническое средство поверхностной обработки почвы.

Предмет исследований. Закономерности влияния конструктивно - технологических параметров ротационного орудия на качество поверхностной обработки почвы.

Методология и методика исследования. При выполнении диссертационной работы использовались стандартные методики с применением методов математического моделирования. Разработка математических моделей взаимодействия рабочего органа с почвой и последующие экспериментальные исследования были выполнены на основе планирования многофакторных экспериментов и регрессионного анализа опытных данных с использованием программ Statistica и Matlab.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту.

1. Аналитические зависимости, описывающие взаимодействие ротационного рабочего органа с почвой.

2. Теоретические зависимости, определяющие рациональное размещение ротационных рабочих органов на раме орудия.

3. Экспериментальные зависимости и модели регрессии, позволяющие определять рациональные значения технологических параметров ротационного почвообрабатывающего орудия.

4. Новые аналитические зависимости расчета тягового усилия ротационного рабочего органа.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Предложенные технические решения позволили существенно повысить качество поверхностной обработки почвы и снизить энергетические затраты на ее выполнение.

2. Получены математические модели позволяющие обосновать рациональные параметры ротационного рабочего органа.

3. Полученные результаты исследования переданы внедрены в крестьянско-фермерском хозяйстве «Ганиев Ильянур Миннеракипович», а также в учебный процесс ГАПОУ «Сабинский аграрный колледж».

Степень достоверности результатов. Обоснованность полученных результатов обусловлена корректным использованием математического аппарата и адекватностью разработанных моделей. Достоверность научных результатов и положений подтверждена экспериментальными исследованиями в лабораторных и производственных условиях. Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований не менее 90% при погрешности опытов не более 5%.

Вклад автора в проведенное исследование. Предложена уточненная классификация ротационных рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Разработана конструктивно-технологическая схема ротационного почвообрабатывающего орудия для поверхностной обработки почвы. Разработаны математические модели, позволяющие обосновать рациональные параметры почвообрабатывающего орудия с ротационными парно-дисковыми рабочими органами. Изготовлена лабораторно-полевая установка симулирующая одну секцию почвообрабатывающего орудия.

На защиту выносятся следующие основные положения.

1. Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.

2. Результаты теоретических исследований по обоснованию технологических и конструктивных параметров почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.

3. Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами для поверхностной обработки почвы.

4. Техничко-экономические и энергетические показатели работы почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.

ГЛАВА I

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Агротехнические и технологические основы поверхностной обработки почвы.

Наиболее распространенным видом обработки почвы на протяжении многих столетий была вспашка, являясь основным средством улучшения агрофизических свойств почвы и фитосанитарного состояния посевов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 126]. В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур после зяблевой вспашки требуется проведение дополнительных технологических операций, таких как ранневесеннее боронование, внесение минеральных удобрений, культивация, посев и прикатывание почвы. К недостаткам этой технологии в целом можно отнести высокие удельные трудо- и ресурсоэнергозатраты, потребность в большом количестве различных почвообрабатывающих машин, а многочисленные их проходы по полю чрезмерно уплотняют почву. [5, 126].

Защита почвы от эрозии и борьба с засухой послужили основанием для широкого внедрения безотвальной обработки, предусматривающей ее рыхление на глубину пахотного слоя с сохранением на поверхности поля пожнивных остатков. Широкая производственная практика показывает, что замена вспашки безотвальными обработками не снижает урожайность сельскохозяйственных культур [7, 8, 9, 2, 10, 5, 6, 11, 12, 126].

Идеи почвозащитного земледелия при одновременном снижении энергоресурсозатрат нашли реализацию в системе минимальной обработки почвы. В конце девятнадцатого века мелкую обработку почвы активно рекомендовал к внедрению И.Е. Овсинский. Он говорил: «Я отвергаю глубокую пахоту плугом и признаю необходимость рыхления почвы, но это должен делать не плуг, выворачивающий нижний слой каждый год, а почвоуглубитель и культиватор. Я признаю необходимость только мелкой пахоты дюйма 2-3 (5,0-7,5 см) для уничтожения сорных трав и прикрытия навоза» [5, 126]. Система минимальной обработки почвы нашла широкое

применение за рубежом. Она активно используется в Германии, Франции, США, Англии и других странах. В России принципы минимальной обработки почвы разработаны академиком А.И. Бараевым. Для условий Юго-Востока России идеи почвозащитного земледелия пропагандировал Н.М.Тулайков [5, 13], а Поволжья А.И. Шабает [12]. Достоинствами минимальной обработки почвы являются сокращение сроков полевых работ, снижение уплотняющего воздействия двигателями МТА, повышение качества технологических операций и уменьшение энергоемкости процесса [14, 5, 15, 3, 126].

В последние годы прорабатываются элементы нулевой обработки почвы [16]. Она предусматривает прямой посев в стерню или дернину с предварительным внесением гербицидов и формированием обработанных полос шириной до 0,075 м для высеваемых семян [3, 5]. Несмотря на значительную экономию ресурсов, снижение техногенного воздействия на окружающую среду, кардинальное уменьшение эрозионных процессов этот вид обработки почвы в европейских странах большого распространения не получил. По данным [3], там по классическим технологиям обрабатывается 70-75% пахотных земель, по безотвальной 20-25%, а доля прямого посева в необработанную почву не превышает 5%.

Сочетание ранее перечисленных способов обработки почвы во времени обеспечивает комбинированная обработка на разную глубину. Она является наиболее эффективной как в агротехническом плане, так и в экономическом [17, 18, 19, 20, 21, 22]. Для реализации основных преимуществ такой обработки почвы на разную глубину разработаны различные комбинированные агрегаты.

В вышеперечисленных системах и технологиях обработки почвы рабочие органы машин подразделяют на активного и пассивного действия. От их эффективного функционирования всецело зависят состояние агрофизических свойств почвы, количественные и качественные показатели процесса ее обработки [23, 1, 126].

Важным аспектом обработки почвы является борьба с сорной растительностью и регулирование почвенной биоты. По данным [24], глубокая

пахота с оборотом пласта снижает численность насекомых путем уничтожения куколок и затруднения выхода из почвы взрослых особей. Благодаря заделке в более глубокие слои почвы растительных остатков отвальная вспашка является одним из основных способов для снижения запасов инфекций бурой ржавчины [25], а также распространения и развития обыкновенной корневой гнили [26]. Зяблевая пахота с лущением стерни уменьшает засоренность посевов. Вспашка, в период всходов основной массы сорняков, снижает их численность до 4 раз. Помимо этого, запашка семян сорных растений на большую глубину уменьшает их всхожесть с последующей потерей жизнеспособности [25].

Поверхностная обработка почвы в зонах с недостаточным увлажнением способствуют снижению развития почвенных и корневых гнилей по сравнению с глубокой пахотой [26]. Вместе с тем, растительные остатки, сохраненные в большом количестве на поверхности поля, способны накапливать большой инфекционный потенциал. Захаренко А.В. отмечает, что в результате поверхностной обработки почвы увеличивается засоренность посевов однолетними злаковыми, корнеотпрысковыми и корневищными многолетними сорняками. Влияние поверхностной обработки почвы на сорняки также в значительной мере зависит от вида засоренности предшественника и погодных условий. Тем не менее, ученые считают, что при обработке почвы без оборота пласта проще определить характер засоренности на будущий год и спланировать химические обработки, так как сорняки будут составлять те же виды, которые росли в текущем году [27, 28, 126].

Основные пути обеспечения минимальной обработки почвы состоят в следующем [29. 30. 31. 32. 33. 34, 127]:

- 1) сокращение числа обработок вследствие выполнения их при рациональном физическом состоянии почвы:
- 2) уменьшение глубины обработки почвы при использовании агротехнических обоснованного чередования глубоких и поверхностных приемов:
- 3) совмещение ряда технологических операций за один проход агрегата;

4) уменьшение площади обрабатываемой поверхности за счет широкого использования пестицидов на остальной площади:

5) использование движителей и почвообрабатывающих орудий с минимальным удельным давлением на почву.

Однако реализация этих путей в практике земледелия возможна только при соблюдении определенных условий [30, 35]:

1. Формирование равновесной плотности почвы соответственно оптимальной плотности для культур (для зерновых - 1.1... 1.3 г/см³, для пропашных - 1.0... 1.2 г/см³).

2. Поддержание общей пористости почвы в пределах 50...55 % и пористости аэрации более 15...20 %.

3. Обеспечение водопроницаемости почвы (не менее 60 мм/ч).

4. Сохранение полевой влагоемкости почвы в пределах 30-33%.

5. Поддержание водопрочных агрегатов макроструктуры на уровне 40%.

6. Формирование мощности пахотного слоя не менее 20...22 см.

7. Сдерживание обилия вредных организмов в агрофитоценозе на уровне ниже экономического порога вредоносности [30].

Академик В.И. Кирюшин предложил классифицировать систему обработки почвы для различных условий [36]. Классификация системы обработки почвы представлена в таблице 1.1.

Разнообразие систем обработки почвы определяется не только экологическими условиями, но и уровнем интенсификации производства, в соответствии с которым системы земледелия и агротехнологии в Федеральном регистре агротехнологии разделяются на экстенсивные, нормальные, интенсивные.

Таблица 1.1 Классификация систем обработки почвы

Система	Подсистемы
Отвальная	Разноглубинная, минимальная
Мульчирующая	Глубокая, разноглубинная, минимальная
Комбинированная	Глубокая, разноглубинная, минимальная
Нулевая	-
Гребне-грядовая	-

Возможности минимизации обработки почвы возрастают по мере обеспеченности производственными ресурсами и профессиональными знаниями. В таблице 1.2 схематично показана дифференциация систем обработки почвы в зависимости от зональных условий (применительно к основным зональным типам почв) и уровней интенсификации земледелия [36, 127].

Таблица 1.2 Система обработки почв зонального ряда

Почвы	Уровни интенсификации		
	1-й	2-й	3-й
Дерново-подзолистые	О	О	к
Серые лесные	О	О. к	к.м
Чернозёмы оподзоленные и выщелоченные	О	О.К.М	к.м
Чернозёмы типичные	О	к.м	Мм. Н
Чернозёмы обыкновенные и южные	о. к	м	Мм. Н
Чернозёмы солонцеватые	к	м	м
Тёмнокаштановые и каштановые	к	м	Мм. Н
Тёмнокаштановые солонцеватые	к	м	м
Светлокаштановые	к	м	Мм. Н

Условные обозначения:

О - система вспашки: К - комбинированная система обработки почвы:
М - мульчирующая: Мм - мульчирующая минимальная: Н - нулевая.

Поверхностная мульчирующая обработка почвы в целях сохранения влаги должна состоять из минимума операций и может включать в зависимости от засоренности 1...2 культивации или боронование на чистых от сорняков полях. Для сохранения влаги обработку следует проводить в день посева [40, 37, 38, 39, 127].

Послепосевные обработки почвы в основном выполняют задачи борьбы с сорняками. Эффективно довсходовое боронование, которое позволяет уничтожить значительное количество проростков однолетних и многолетних сорняков.

При использовании мульчирующей системы на поверхности почвы должно сохраняться не менее 4...6 т/га, а после посева не менее 3 т/га пожнивных остатков, которые создают совместно с почвой поверхностный мульчирующий слой.

В настоящее время в качестве мульчи используют преимущественно солому зерновых колосовых культур. При внесении 4 т/га такой соломы в почву поступает 3200 кг т.а. органического вещества, 14...22 — азота, 3...7 — фосфора. 22...35 — калия. 9...37 - кальция. 2 кг/га — магния . а также различные микроэлементы [41].

В целях обеспечения получения устойчивых урожаев с/х культур к поверхностной обработке почвы предъявляются следующие агротехнические требования [41, 42, 40, 37, 43, 44, 127]:

- почвообрабатывающие рабочие органы должны осуществлять рыхление почвы на глубину до 12 см;
- гребнистость поверхности поля не должна превышать ± 2 см;
- отклонение глубины обработки от среднего значения - не более ± 1 см;
- количество неподрезанных сорняков не должно превышать 1 %.

Очевидно, что обработка почвы требует дифференцированного подхода. Так как весьма неравномерное распределение во времени и пространстве факторов среды ориентирует на «районирование агротехнических приемов», потому что они «могут проводиться разнообразно и в разные сроки» [13, 45].

Но стоит заметить, что во всех системах обработки имеют место различные приемы поверхностной и мелкой обработки, которые направлены на уничтожение сорных растений, крошение почвы, сохранении влаги, создание мульчирующего слоя при предпосевной обработке, обработке после посева и появления всходов. Таким образом, в современной земледелии, актуальна проблема улучшения качества и уменьшение энергоемкости поверхностной обработки.

1.2 Обзор конструкций почвообрабатывающих машин для поверхностной обработки почвы.

В настоящее время для поверхностной обработки почвы по минимальной технологии используются различные виды борон, лушильников, культиваторов, дискаторов и почвообрабатывающих агрегатов с разными рабочими органами [46, 47, 48, 49, 127].

Из всего многообразия орудий для поверхностной обработки почвы наиболее часто используют дисковые бороны марок БДН-3. Catros. Rubin, Доминанта и др. (рисунок 1.1). Дисковые бороны применяют для рыхления верхнего слоя почвы, выравнивания поверхности паля, разрушения почвенной корки, крошения комков почвы и заделки удобрений. Они хорошо приспособляются к микрорельефу поля и обеспечивают равномерное заглубление рабочих органов. Дисковые бороны непригодны для работы на каменистых почвах: лезвия их выкрашиваются. Также в последние годы широкое распространение получили дискаторы БДМ, БДТ. БДН у которых каждый диск расположен на индивидуальной оси. это способствует уменьшению наматывания на них пожнивных остатков [50, 51].

Дискатор БДМ-2,8х3 (рисунок 1.1 в) предназначен для: рыхления и подготовки почвы под посев; уничтожения сорняков и измельчения пожнивных

остатков; предпосевной подготовки почвы без предварительной вспашки и обработки почвы после уборки толстостебельных пропашных культур.

Дискаторы хорошо работают на почвах с различными физико-механическими свойствами с высотой (длиной) растительных остатков до 25 см [52, 53, 54, 55].

Прицепной дисковый луцильник ЛДГ-15 (рисунок 1.16) предназначен для лушения почвы после уборки зерновых культур, для ухода за парами, разделки пластов, размельчения комков после вспашки. Для надежного заглубления дисков при обработке тяжелой по механическому составу почвы луцильник оборудуют балластным ящиком.

Луцильники могут быть укомплектованы сферическими или плоскими дисками. Сферические диски не рекомендуется применять в районах возникновения ветровой эрозии. Для закрытия влаги на стерневом поле применяют луцильники с плоскими дисками, меньше обрачивающими и распыляющими почву, чем сферические [56, 57, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 127, 126].

Также широко применяются культиваторы с различными видами рабочих органов, как правило - это лаповые, дисковые и прикатывающие рабочие органы (КСН. КН. КПС и др.).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

а) дисковая борона БДН-3; б) луцильник ДДТ-15; в) дискатор БДМ 4х4; г) культиватор КПИР 3,6; д) культиватор КСН — 4; е) почвообрабатывающий агрегат Catros

Рисунок 1.1 — Почвообрабатывающие машины для поверхностной обработки почвы

Культиватор КСН-4 оснащен стрельчатыми лапами, которые обрабатывают почву на глубину до 12 см. Далее расположены дисковые рабочие органы, которые обеспечивают мульчирование поверхностного слоя почвы на глубину до 8 см, что удовлетворяет агротехническим требованиям при минимальной системе обработки почвы. Выравнивание поверхности поля достигается за счет сдвоенных прикатывающих катков. Культиватор КСН-4 предназначен для сплошного предпосевного рыхления и подрезания сорняков с одновременным боронованием на скоростях до 12 км/ч во всех почвенно-

климатических зонах. Недостатками культиватора являются большие нагрузки на раму при зацеплении рабочих органов о выступы камней.

Сотрудниками Казанского ГАУ разработан перспективный рабочий орган культиватора [63, 64, 65]. Следует отметить, что зги рабочие органы (рисунок 1.3), хотя и могут одновременно выполнять несколько операций, отдельно не способны качественно выполнять агротехнические требования предпосевной обработки. Поэтому при выполнении заданного технологического процесса нельзя рассматривать их отдельно от ротационных органов, так как только в этом случае возможно эффективно управлять процессом крошения и формирования выровненной поверхности поля.

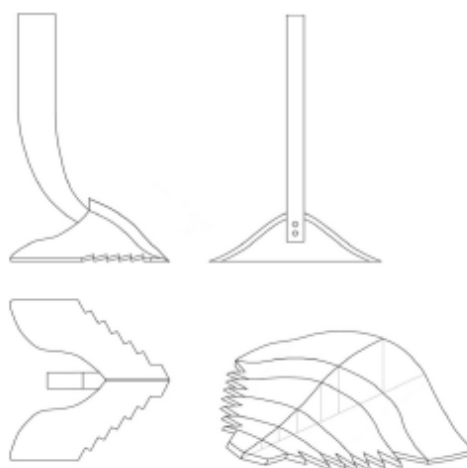


Рисунок 1.2 - Рабочий орган культиватора для предпосевной обработки почвы.

Ставропольскими учеными был разработан культиватор с новыми видами рабочих органов в форме кольца. Культиватор полуприцепной ротационный КР-16К «КРОТОР» (рисунок 1.3) предназначен для подрезания и выноса сорной растительности на поверхность поля, крошения и измельчения комков и пожнивных остатков, рыхления, мульчирования, выравнивания и уплотнения верхнего слоя почвы в целях сохранения влаги во время сплошной, предпосевной и паровой культивациях полей. Агрегатируется культиватор с тракторами тягового класса 5. Позволяет обрабатывать почву на глубину 7-10 см и создает мульчированный слой на поверхности поля [66].

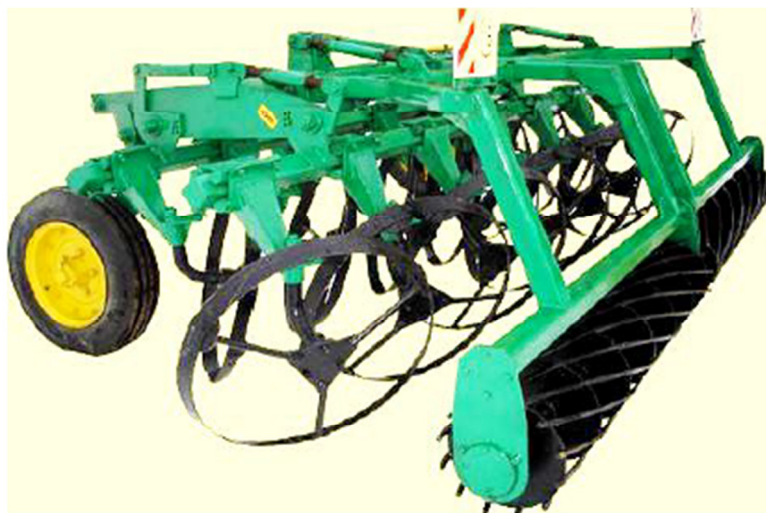


Рисунок 1.3 - Культиватор полуприцепной ротационный КР-16К
«КРОТОР»

Сравнительная оценка качества работы различных почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы на базе ООО «Саба» (рисунок 1.4) показывает, что они не всегда обеспечивают качественное перемешивание и мульчирование поверхностного слоя почвы пожнивными остатками [67, 127].

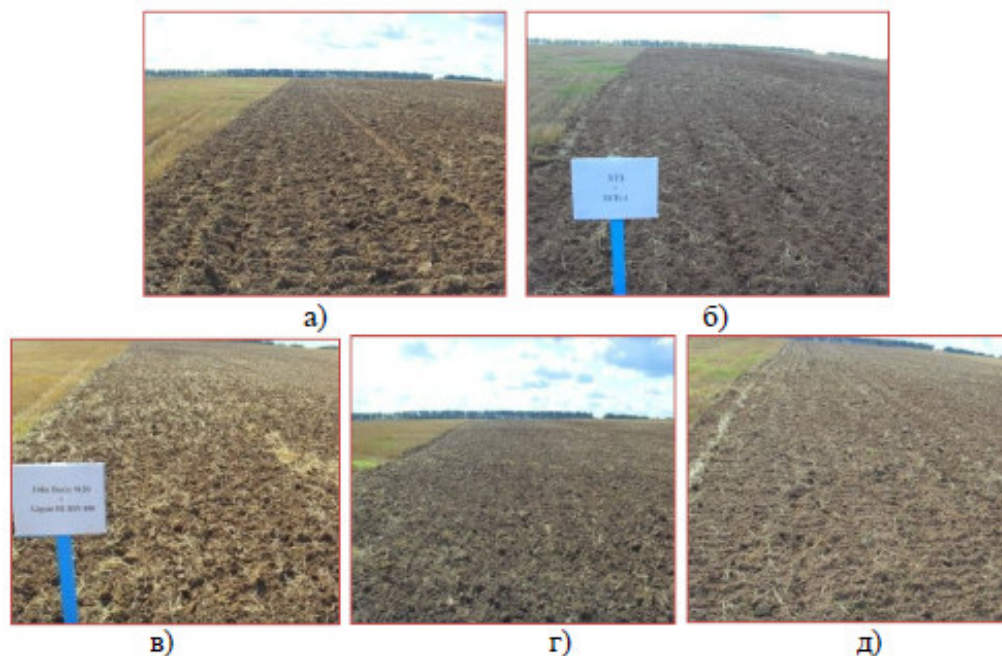


Рисунок 1.4 – Сравнительная оценка качества работы различных почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы

Как видно из рисунка, на вариантах обработки почвы агрегатами К-701 + БДМ 4х4 (рисунок 1.4 а) и ХТЗ-17221 + КСН-4 (рисунок 1.4 б) после прохода поверхность поля остается неровной, гребнистость составляет от 6 до 12 см, что не допускается агротехническими требованиями. Более качественную поверхностную обработку обеспечивают агрегаты зарубежного производства John Deere 9420 + RUBIN 800 (рисунок 1.4 в), John Deere 9420 + SUNFLOWER 1434-36 (рисунок 1.4 г) и John Deere 9420 + SMARAGD (рисунок 1.4 д).

Таким образом, в настоящее время основными недостатками применяемых почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы являются:

- недостаточное крошение почвы, а также неровная, гребнистая поверхность поля после прохода орудия;
- неполное подрезание и уничтожение сорняков, оставление сорняков в слоях почвы, в удобных для подрастания условиях;
- большое удельное тяговое сопротивление и высокая энергоемкость технологического процесса подготовки почвы под посев;
- плохое качество перемешивания и мульчирования поверхностного слоя почвы пожнивными и растительными остатками;
- высокая стоимость приобретения и обслуживания (особенно у зарубежных аналогов).

Научной основой работ по созданию и совершенствованию почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами являются труды Абдрахманова Р.К., Акимова А.П., Бычкова В. В., Василенко П. М., Ветохина В.И., Виноградова В. И., Гайнанова Х.С., Горячкина В. П., Гринчука И.М., Гудкова А. Н., Давлетшина М.М., Далина А. Д., Желиговского В. А., Зенина Л.С., Канарева Ф. М., Кацыгина В. В., Курдюмова В.И., Кушнарёва А. С., Мазитова Н.К., Макарова П. И., Максимова И.И., Мартынова В.М., Марченко О.С., Матяшина Ю. И., Медведева В. И., Мударисова С.Г., Новикова Ю.Ф., Панова И. М., Подскребко М. Д., Рахимова Р.С., Синеокова Г. Н., Фархутдинова И.М., Чаткина М.Н., Юнусова Г.С., Яцука Е. П. и др.

Многочисленными исследованиями установлено [68, 69, 70, 57, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83] что, перспективными машинами для обработки почвы являются орудия с ротационными рабочими органами. Основным преимуществом, по сравнению с пассивными рабочими органами, является то, что они менее энергоемкие. Это достигается за счет обеспечения ротационными рабочими органами скользящего резания пласта почвы. Также можно выделить простоту конструкции, небольшую металлоемкость и высокую производительность ротационных рабочих органов такого типа [126, 127].

В работах Панова И.М. отмечено, что минимальные затраты энергии при возделывании происходят при разрушении почвы деформацией растяжения [80,84], т.к. предел прочности при растяжении почвы составляет 5...6 кПа, при сдвиге 10...12 кПа, а при сжатии 65...108 кПа. Отсюда можно сделать вывод, что обработка почвы с минимальным расходом энергии может быть достигнута путем создания рабочих органов почвообрабатывающих машин, обеспечивающих разрушение связей между частицами почв с помощью деформации растяжения.

Таким образом, при проведении поверхностной обработки при различных технологиях обработки почвы, разработка и исследование почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы, обеспечивающих снижение энергоемкости и повышение качества технологического процесса является актуальной задачей. При этом необходимо создавать такие рабочие органы, которые обеспечивают качественное крошение, удаление сорняков и мульчирование почвы с минимальными энергозатратами.

1.3 Классификация ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Ротационные рабочие органы находят широкое применение в различных почвообрабатывающих машинах. Наиболее часто они применяются в дисковых боронах, почвообрабатывающих агрегатах, луцильниках, боронах-катках и других почвообрабатывающих орудиях [85].

По конструктивному исполнению множество ротационных почвообрабатывающих рабочих органов можно объединить в следующие группы:

дисковые, игольчатые, фрезы, бороны-катки, ротационные плуги и рабочие органы в форме усеченного конуса. На основе анализа ротационных рабочих органов нами уточнена их классификация, представленная на рисунке 1.5.

Рабочими органами дисковых орудий служат плоские, сферические, вырезные и гофрированные диски. Дисковые рабочие органы вращаются под действием реакции почвы. Благодаря этому они в меньшей мере, чем поступательно движущиеся рабочие органы, забиваются растительными остатками.

Плоские диски применяют в основном для подрезания пласта и обработки почв, подверженных ветровой эрозии. При этом почва обрабатывается без оборота с сохранением стерни. Во многих случаях плоские диски применяются в качестве дополнительного рабочего органа. Это можно увидеть на примере дисковой бороны VERSATILE TD 600.

Сферические диски широко используют в качестве рабочих органов дискаторов, дисковых борон, комбинированных агрегатов, луцильников и предназначены для измельчения пластов и комков на поверхности поля, весенней предпосевной обработки зяби. Диски данного вида устанавливаются на почвообрабатывающих орудиях серии БДМ, БДТ, БДН, а также на многих зарубежных агрегатах марки RUBIN 800, SUNFLOWER 1434-36, SMARAGD и др. Они устанавливаются в различных вариантах под разными углами атаки и наклона к вертикали. Сферические дисковые рабочие органы можно установить как на отдельных индивидуальных стойках, так и в виде дисковых батарей на горизонтальных осях. Режущая кромка диска, установленного под углом к направлению движения, в процессе работы отрезает полоску почвы и поднимает ее на внутреннюю сферическую поверхность, в результате чего она крошится, частично оборачивается и перемешивается [127],.

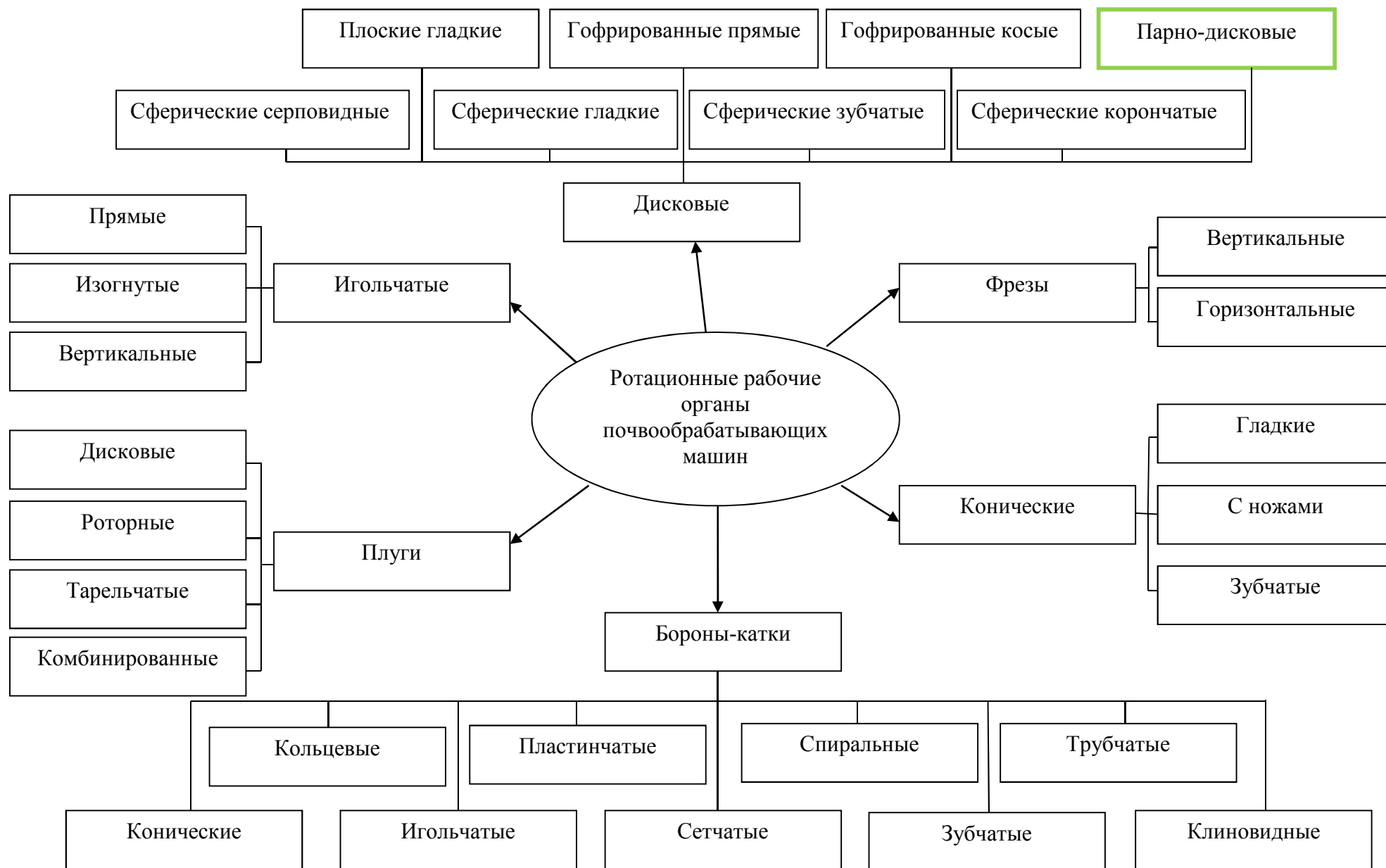


Рисунок 1.5 – Классификация ротационных рабочих органов

С увеличением угла атаки диски глубже погружаются в почву, ее крошение улучшается, а увеличение угла наклона диска к вертикали несколько улучшает оборот и перемешивание почвы. Диски перерезают тонкие корни, перекапываются через толстые, но на каменистых почвах выкрашиваются.

Сферические вырезные диски выполняются зубчатыми, корончатыми и серповидными. Данные диски устанавливают на тяжелых боронах, которые применяют как для первичной обработки тяжелых задерненных почв, так и для разделки связных пластов, измельчения грубостебельных пожнивных остатков кустарниковых растений, поднятых при вспашке болотных и кустарниково-болотных земель. Они более интенсивно воздействуют на почву, лучше перерезают корни растений [86, 87, 88, 89, 90, 91].

Гофрированные диски наиболее широко используются в сеялках, работающих по технологии No-till или Mini-till для обработки стерни. Они режут растительные остатки и рыхлят полосы почвы перед сошниками посевных агрегатов. Поэтому можно считать, что они выполняют полосную вертикальную обработку почвы. Например, такие рабочие органы применяются в посевных агрегатах Great Plains СТА4000, почвообрабатывающих орудиях John-Deere 512.

Также существуют игольчатые рабочие органы. Они предназначены для весеннего поверхностного рыхления полей, покрытых стерней, на глубину 4...6 см с целью сохранения влаги в почве и заделки падалицы культурных растений без значительного нарушения стерни, выравнивания поверхности поля от предшествующей обработки, а также для боронования озимых культур, кукурузы и многолетних трав. Они выполняются двух типов: прямозубые, изогнутые и вертикальные. Данные рабочие органы устанавливаются на боронах БИГ-3А, ЗБИГ-3А, на агрегатах ПАУК-3,6 и др.

Следующим наиболее распространенным видом ротационных рабочих органов являются бороны-катки. Так, большинство современных почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы оснащены бесприводными ротационными рабочими органами, размещенными в задней

части машины и выполняющие одновременно роль бороны и прикатывающего катка. Производители почвообрабатывающих машин предлагают различные конструкции бесприводных ротационных рабочих органов. Среди них наиболее широкое применение нашли спиральные, трубчатые или планчатые, зубчатые, кольцевые, клиновидно-округлые, игольчатые и сетчатые рабочие органы [69].

Спиральные рабочие органы предназначены для работы на переувлажненных почвах, а трубчатые или пластинчатые обеспечивают требуемое качество обработки на сухих и не липких почвах. Клиновидно-округлые и кольцевые рабочие органы применяются также для обработки сухих почв, однако, в отличие от других типов рабочих органов, они хорошо работают и на тяжелых почвах, где первые не всегда могут обеспечить требуемое качество обработки. На тяжелых не липких почвах применяются также игольчатые рабочие органы, которые позволяют выравнивать и рыхлить почву без уплотнения, а зубчатые обеспечивают равномерное уплотнение поверхностного слоя по всей ширине захвата и хорошее крошение комков на большинстве типе почв. Сетчатые ротационные рабочие органы применяются в основном для подготовки почвы под посев трав, при обустройстве и уходе за ландшафтами. Известны также ротационные конические бороны разработанные учеными Казанского ГАУ [73], которые обеспечивают хорошее качество крошения и выравнивание поверхности поля за счет разности скоростей воздействия в различных точках зубьев бороны.

Следующая группа ротационных почвообрабатывающих рабочих органов – фрезы. Они предназначены для предпосевной обработки почвы различного состава на глубину до 20 см, уклоном местности и отдельными микронеровностями не более 15 см, под посадки овощных культур, без оборота пласта по фону зяби или весновспашки. Фреза за один проход выполняет следующие технологические операции: фрезерование почвы активными рабочими органами, уничтожение сорной растительности и выравнивание микрорельефа. Фреза обеспечивает максимальное крошение, перемешивание почвы с растительными остатками. Однако фрезы являются наиболее

энергоемкими из всех видов ротационных почвообрабатывающих орудий. Фрезы имеют вертикальную или горизонтальную ось вращения. Вертикальные фрезы устанавливаются на вертикально-фрезерных культиваторах КВФ-2,8, Hermes, а горизонтальные на ФБН-2, ФР, ФН и др.

Ротационные рабочие органы также широко применяются в плугах. Наибольшее распространение нашли дисковые плуги марки ПД-220, ПД-315, ADP-2 и др. В качестве отвала в таких плугах применяется сферические диски большого диаметра от 0,6 до 0,84 м. При этом сферический диск одновременно выполняет роль лемеха и отвала. Преимуществом дисковых плугов является более низкое тяговое сопротивление по сравнению с обычными плугами. Недостатками дискового плуга являются нарушение обрабатываемости и снижение качества укладки уплотненного поверхностного слоя почвы, следовательно, ухудшение заделки растительных остатков. Также известны плуги с роторными отвалами. У данных плугов роль отвала выполняется установленным вертикально ротором, а пласт отрезается лемехом. Роторные плуги также имеют меньшее тяговое сопротивление за счет исключения трения почвы об отвал.

Известны также ротационные тарельчатые и комбинированные рабочие органы плугов [92, 93, 94]. Тарельчатый рабочий орган состоит из сферического диска и жестко установленного колпачка. При этом диск срезает пласт почвы, а колпачок обеспечивает оборот пласта.

Комбинированный ротационный рабочий орган плуга состоит из сферического диска и жестко закрепленного к нему дополнительного рабочего органа. Он работает следующим образом: при движении плуга по полю сферический диск углубляется в почву и подрезает пласт, который под действием приложенных сил начинает подниматься по рабочей поверхности сферического диска. При переходе от поверхности сферического диска на поверхность дополнительного рабочего органа пласт подвергается сильному изгибу в обратную сторону. При дальнейшем движении пласт почвы проходит вовнутрь дополнительного органа и далее происходит оборот пласта [92].

Однако такие рабочие органы плугов не нашли широкого практического применения.

Из всего многообразия ротационных почвообрабатывающих рабочих органов по конструктивному признаку можно выделить новую группу – рабочих органов в форме усеченного конуса [95, 96, 97, 98, 127]. Данный рабочий орган, представляет собой обод в форме усеченного конуса, закрепленного на ступицах со спицами с возможностью вращения. При этом ротационные рабочие органы установлены таким образом, что образуют угол атаки α к направлению движения агрегата и угол наклона β к вертикали. Они предназначены для поверхностной обработки почвы различного состава, на глубину до 12 см. Способствуют созданию мульчированного слоя на поверхности почвы, обеспечивают высокую степень качества обработки почвы.

Они могут быть различного исполнения – гладкие, с ножами и зубчатые. Технологический процесс работы гладкими рабочими органами в форме усеченного конуса происходит следующим образом. При движении по полю ротационный рабочий орган, проникает в почву на заданную глубину обработки. При этом в результате воздействия сил трения со стороны обрабатываемого слоя почвы на рабочую поверхность ротационного рабочего органа возникает крутящий момент, заставляющий совершать вращательное движение. Подрезанный пласт почвы поднимается на коническую поверхность рабочего органа, по мере его вращения поднимается на некоторую высоту, частично переворачивается и падает обратно в борозду за рабочим органом. При этом получается скользящее резание почвы режущей кромкой, что способствует снижению тягового сопротивления орудия, а также интенсивное крошение и перемешивание пласта с пожнивными остатками за счет деформации ее в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [99, 67, 127].

При вращении ротационного рабочего органа с установленными на его рабочей поверхности пластинчатыми ножами, пласт почвы дополнительно отрезается на отдельные куски в поперечном направлении, обеспечивая увеличение степени его крошения и измельчения пожнивных остатков.

Особенно интересен патент №2520124 РФ, МПК 7A01B21/08. ФГБОУ ВПО Казанского ГАУ, в котором изложена идея парно-дискового рабочего органа (рисунок 1.6).

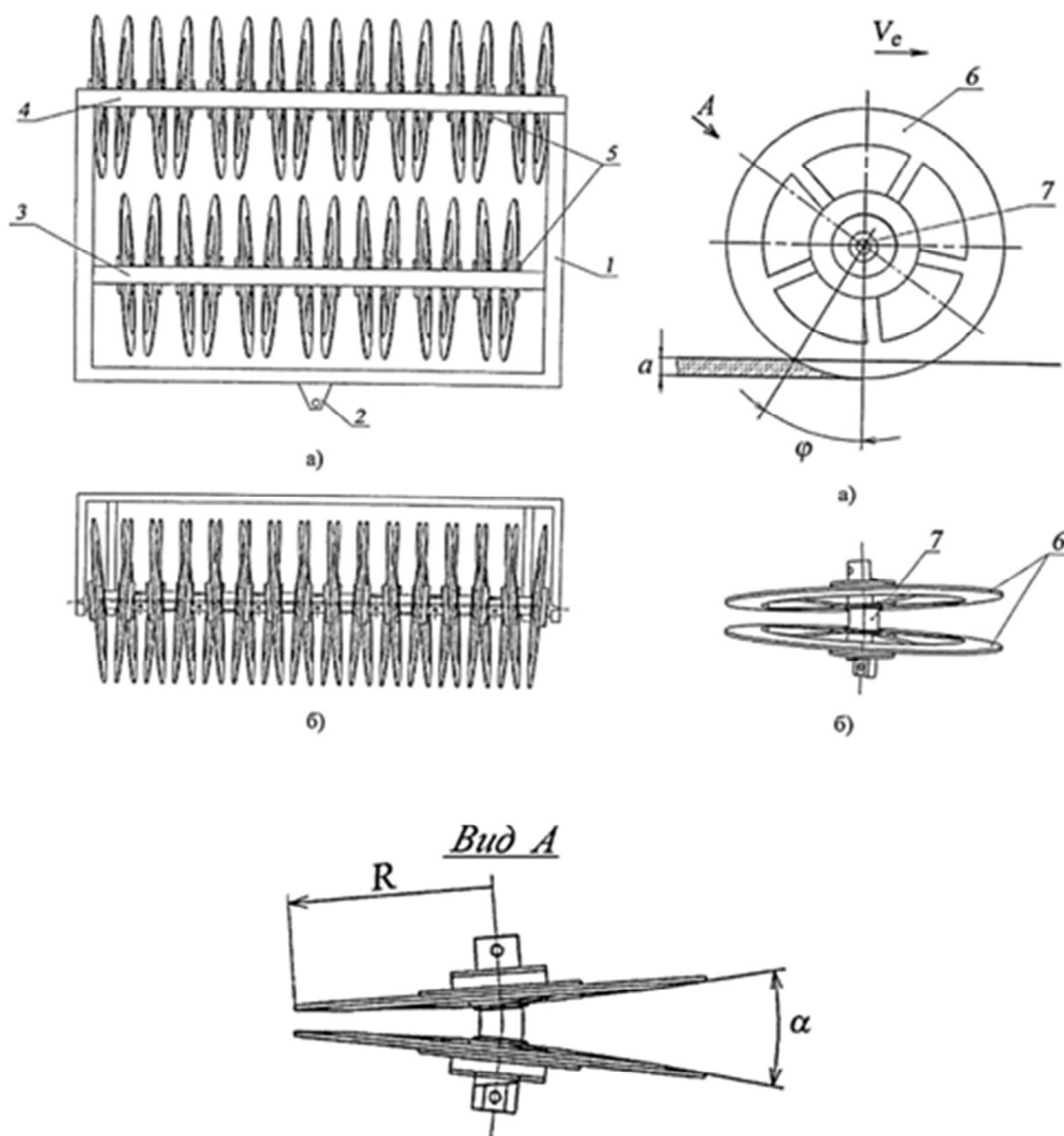


Рисунок 1.6 – Рисунки к патенту №2520124 РФ, МПК 7A01B21/08.

Ротационное орудие для поверхностной обработки почвы состоит из рамы 1 с прицепным механизмом 2, передней и задней поперечных балок 3, 4 соответственно, на которых закреплены дисковые батареи 5. Дисковые батареи состоят из отдельных секций, включающих в себя два диска 6, которые установлены на изогнутой оси 7 с возможностью свободного вращения. При этом плоскости вращения этих двух дисков образуют между собой угол α . Изогнутые оси секций соединены между собой неподвижно и образуют

цельную батарею. При этом линии изгиба изогнутых осей каждой секции лежат в одной плоскости, отклоненной от вертикали в сторону поступательного движения орудия V_e на угол φ , при котором обеспечивается минимальное расстояние между дисками 6 на уровне поверхности поля в зоне выхода их из почвы [100].

В подобном рабочем органе по мере движения сужается расстояние между дисками. Это приводит к разрушению комков и затвердевшей верхней корки почвы. Но как показали исследования, велика вероятность пропуска не вырванных из почвы сорняков. Сорняки при такой обработке, хотя и теряют обхват почвой, по мере рыхления почвы, всё же остаются в выгодном для роста положении. По этому, было бы целесообразно совершенствовать этот рабочий орган.

1.4 Обзор теоретических исследований ротационных почвообрабатывающих орудий

Теоретическим исследованиям ротационных почвообрабатывающих рабочих органов посвящены труды таких ученых как В.П. Горячкин, Ф.М. Канарев, И.М. Панов, Г.Н. Синеоков, Ю.И. Матяшин, П.С. Нартов и др. Общие уравнения, описывающие траекторию любой точки ротора (рисунок 1.7), ось которого расположена произвольно в пространстве (повернута на угол α к направлению движения и наклонена на угол β к горизонтали) получены профессором Канаревым Ф.М. и имеют вид [57]:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = V_e t + R_i \sin \alpha \sin \beta \sin \omega t + R_i \cos \alpha \cos \omega t; \\ y = R_i \sin \beta \cos \alpha \sin \omega t - R_i \sin \alpha \cos \omega t; \\ z = -R_i \cos \beta \sin \omega t \end{array} \right\}, \quad (1.1)$$

где V_e – скорость поступательного движения ротора; t – время движения; R_i – расстояние от оси вращения ротора до рассматриваемой точки (радиус ротора); α – угол атаки ротора; β – угол наклона оси ротора к горизонту; ω – угловая скорость ротора; ωt – угол поворота ротора, отсчитываемой от оси Ox по часовой стрелке.

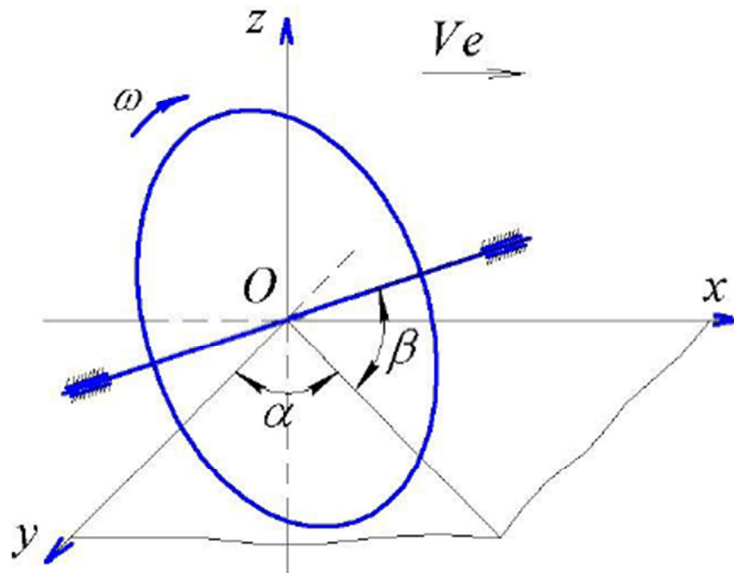


Рисунок 1.7 – Схема ротора с произвольным расположением оси вращения в пространстве

Также можно отметить работы Г.Н. Синеокова, который разработал теорию дисковых рабочих органов. Исходя из геометрических предпосылок, он определил функциональную зависимость между диаметром диска, углом атаки, расстоянием между рабочими органами и высотой гребней для борозды [101].

Г.Н. Синеоков предложил графический метод построения траектории движения точек сферического диска [82].

Значительный вклад в исследование и разработку дисковых рабочих органов внес П.С. Нартов [79]. Он изучил кинематику дисковых рабочих органов, характер перемещения почвенной массы рабочей поверхностью сферических дисков, предложил методику проектирования рабочих органов дисковых орудий, дал рекомендации по обоснованию основных параметров, дисковых рабочих органов. В то же время П.С. Нартов указывает на широкие возможности применения дисковых рабочих органов на самых различных операциях обработки почвы. Он утверждает, что варьируя геометрическими и другими параметрами дисков, можно в больших пределах изменять величину основных показателей, характеризующих положение почвенной массы после воздействия на нее рабочих органов, добиваясь максимального удовлетворения требований в отношении качества обработки почвы. В указанных

исследованиях также установлен характер резания почвы и силовые характеристики дисковых рабочих органов.

В рассмотренных исследованиях остаются недостаточно изученными как теоретические, так и практические вопросы обоснования параметров дисковых рабочих органов для выполнения операций предпосевной обработки почвы, а также тягового сопротивления дисковых орудий. Также мало исследований по взаимосвязи тягового сопротивления с частотой вращения рабочих органов.

При конструировании новых почвообрабатывающих орудий особое значение имеет правильное взаимное размещение его рабочих органов на раме. Известно [102, 103, 73, 104, 105, 106, 107, 108, 109], что правильная компоновка рабочих органов на раме почвообрабатывающего орудия непосредственно влияет на его качественные и энергетические показатели работы и работоспособность, а также на металлоемкость конструкции орудия.

Исследованию и обоснованию взаимного размещения дисковых рабочих органов на раме почвообрабатывающих машин посвящены работы Канарева Ф.М., Мазитова Н.К., Макарова П.И. Матяшина Ю.И., Нартова П.С., Панова И.М., Синеокова Г.Н., и многих других ученых.

Для почвообрабатывающих орудий с дисковыми рабочими органами, расположенными на одной оси вращения и работающими под углом атаки α (дисковые лушпильники), расстояние между дисками определяется по известной формуле [110]:

$$b = 2tg\alpha\sqrt{h(D_h - h)}, \quad (1.2)$$

где: h – высота продольного необработанного гребня;

Dh – хорда погружения диска на глубину h .

Указанная формула верна только для рабочих органов, имеющих горизонтальную ось вращения и не позволяет определять расстояние между дисковыми рабочими органами, имеющими индивидуальные оси вращения, отклоненные от горизонтали.

Профессором Синеоковым Г.Н. получена формула для определения расстояния между дисками дискового плуга, имеющими индивидуальные оси вращения и расположенными под углом атаки α и углом β к вертикали [107]:

$$b = \left[2 \sqrt{\frac{h}{\cos \beta} \left(D - \frac{h}{\cos \beta} \right)} + l \right] \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.3)$$

где D – диаметр дискового рабочего органа;

l – расстояния между осями вращения дисков.

Профессором Канаревым Ф.М. получена теоретическая формула для определения высоты продольного гребня h на дне борозды остающегося после прохода дискового плуга со сферическими дисковыми рабочими органами [57]:

$$h_n = \left(R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{b}{2 \sin \alpha} \right)^2} \right) \cos \beta, \quad (1.4)$$

где R – радиус дискового плуга;

b – расстояние между сменными дисками в поперечном направлении;

α – угол атаки;

β – угол наклона рабочего органа к вертикали.

Решая данное уравнение относительно b можно также получить формулу для определения расстояния между смежными рабочими органами в поперечном направлении с учетом диаметра диска и углов его установки относительно вертикали и горизонтали.

Однако полученное выражение будет верно лишь для дисковых рабочих органов расположенных только с положительными или с отрицательными углами атаки α . Расстояние между смежными рабочими органами, расположенными один с положительным, а другой с отрицательным углами атаки будут определяться по другим выражениям.

Профессором Макаровым П.И. получена зависимость также для определения расстояния b с учетом конструктивных параметров комбинированного рабочего органа дискового плуга h_1 , K и R_k , исходя из

условия не пересечения дополнительного органа со стойкой впереди идущего диска [92]:

$$b = \frac{l_k - b \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad (1.5)$$

$$\text{где } l_k = \frac{h_1 + K + R_k - \sqrt{R_k^2 - R}}{\cos \beta}. \quad (1.6)$$

Данное выражение также не позволяет определять расстояние между смежными рабочими органами, расположенными один с положительным, а другой с отрицательным углами атаки.

Нартовым П.С. предложена несколько другая формула для определения расстояния между центрами дисков в поперечном направлении двухотвальных лесных плугов при различных режимах работы [79]:

при работе способом «вразвал»:

$$B_0 = 2(b_2 - b_4), \quad (1.7)$$

$$\text{где } b_2 = \sqrt{\frac{h}{\cos \beta} \left(D - \frac{h}{\cos \beta} \right)} \sin \alpha, \quad (1.8)$$

$$b_4 = \left(\frac{D}{2} \cos \beta - h \right) \operatorname{tg} \beta \cos \alpha. \quad (1.9)$$

при работе способом «всвал»:

$$B_0 = 2(b_1 + b_5) + B_{np}, \quad (1.10)$$

$$b_5 = \left(\frac{D}{2} \cos \beta - a \right) \operatorname{tg} \beta \cos \alpha. \quad (1.11)$$

где B_{np} – ширина просвета между внутренними краями дисков.

При этом расстояние между дисками в продольном направлении находится по формуле:

$$l_{np} = \frac{D \sin \alpha - 2b_2 + 2b_4}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{R - \sqrt{R^2 - \frac{D^2}{4}}}{\sin \alpha} + l, \quad (1.12)$$

где R – радиус кривизны диска;

l – расстояние между режущей кромкой заднего диска и тыльной стороной переднего (принято на основании опытов равным 50-100 мм).

Приведенные формулы учитывают только геометрические параметры дисков и их взаимное расположение в пространстве, но при этом не учитывается их взаимодействие с почвенным пластом в зоне сход пласта с рабочего органа.

В отличие от известных почвообрабатывающих орудий, имеющих дисковые рабочие органы, предложенное орудие для поверхностной обработки почвы имеет ротационные рабочие органы в виде усеченного конуса [95, 96, 97, 111, 112, 98].

Указанные выше теоретические выражения не позволяют определять необходимые параметры взаимного размещения ротационных рабочих органов на раме почвообрабатывающего орудия, так как они в большинстве случаев получены применительно для дисковых почвообрабатывающих рабочих органов и не учитывают геометрическую форму и принцип работы предложенного рабочего органа.

Также основополагающим фактором при изучении почвообрабатывающих машин является энергетические показатели технологического процесса. Исследованиями тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов занимались многие ученые, такие как Абдрахманов Р.К., Акимов А.П., Бычков В.В., Василенко П.М., Ветохин В.И., Виноградов В.И., Гайнанов Х.С., Горячкин В.П., Гринчук И. М., Гудков А.Н., Давлетшин М.М., Далин А.Д., Желиговский В.А., Зенин Л.С., Канарев Ф. М., Кацыгин В.В., Курдюмов В.И., Кушнарев А. С., Мазитов Н.К., Макаров П.И., Максимов И.И., Мартынов В.М., Марченко О. С., Матяшин Ю.И., Медведев В.И., Мударисов С.Г., Новиков Ю.Ф., Панов И.М., Подскребко М.Д., Рахимов

Р.С., Синеоков Г.Н., Фархутдинов И.М., Чаткин М.Н., Щучкин Н.В., Юнусов Г.С., Яцук Е.П., и др.

Рациональная формула для определения силы тяги предложенная В.П. Горячкиным [113, 114, 115] получила широкое применение не только в земледельческом направлении, но и в других разделах техники. Данная формула имеет вид:

$$P = f'G + kab + \varepsilon abv^2, \quad (1.13)$$

где P – сила тяги;

$f'G$ – сопротивление плуга при протаскивании в открытой борозде;

a и b – глубина обработки и ширина пласта;

G – вес плуга;

f' – коэффициент эквивалентный коэффициенту трения плуга о почву;

k – удельное сопротивление почвы резанию;

v – рабочая скорость;

ε – коэффициент пропорциональности.

Однако при реальных полевых испытаниях значения коэффициентов рациональной формулы варьировали в широких диапазонах, что, в конечном счете, дало повод усомниться в достоверности формулы при определении тягового сопротивления [84].

Наиболее широко и развернуто обосновал методику определения тягового сопротивления Н.В. Щучкин [116].

Для этого он предложил следующую формулу:

$$P = f'G + m'P_{cp}ab, \quad (1.14)$$

где P_{cp} – средняя твердость почвы на глубине пахоты;

m' – коэффициент перехода от физико-механических свойств почвы к тяговому сопротивлению плуга.

После анализа многочисленных работ в этом направлении он пришел к следующему выводу, что на тяговое сопротивление значительно влияют: механический состав почвы, ее структура, предшествующая обработка,

агрофон, влажность. Следует отметить, что предложенная Н.В. Щучкиным методика определения тягового сопротивления имеет определенный недостаток: она не учитывает скорость движения рабочего органа.

Для расчета тягового сопротивления бесприводных ротационных рабочих органов барабанного типа при поверхностной обработки почвы в работе [117] предложена формула:

$$R_{кр} = R_{д} \cdot f_1 + \frac{M_r}{R_{д}} \pm \frac{M_j}{R_{д}}, \quad (1.15)$$

где f_1 – коэффициент сопротивления качению барабана;

$R_{д} = R \cdot h$ – динамический радиус барабана;

R – радиус барабана;

h – глубина рыхления;

M_r, M_j – моменты создаваемые соответственно силами трения и инерции барабана.

Рассматривая динамику ротационных плугов и фрез Г.Н. Синеоков и И.М. Панов [107] отмечают, что сопротивление почвы ротационным рабочим органам складывается из сопротивления отрыва стружки в горизонтальном направлении крылом ножа, разрезанию пласта в вертикальной плоскости стойкой ножа, сопротивление на крошение стружки и на сообщение некоторой скорости массе обрабатываемой почвы. В виду значительной трудности раздельного определения перечисленных составляющих сопротивления, основываясь на рациональную формулу В.П. Горячкина (1.13), сопротивление на ротационном ноже представлено ими в виде суммы трех составляющих:

$$P = P_{TP} + P_P + P_{ОГБ}, \quad (1.16)$$

где

P_{TP} – сопротивление, вызванное трением ножа о почву;

P_P – сопротивление резанию и деформации отрезаемой стружки;

$P_{ОТБ}$ – сила, необходимая для сообщения скорости массе обрабатываемой почвы.

При этом они также предлагают, объединить первую и вторую составляющую формулы определяя ее как:

$$P_p = k_p \delta b \quad (1.17)$$

где k_p – коэффициент пропорциональности;

δ – толщина отрезаемой стружки;

b – толщина отрезаемой стружки.

Г.Н. Синеоков и И.М. Панов также отмечают, что разделение общего сопротивления рабочего органа на составляющие Р и ОТБ до известной степени условно, т.к. отрезание стружки и ее отбрасывание – единый процесс. Тем не менее, большинство исследователей выделяют сопротивление ОТБ, определяя его величину на основе теоремы об изменении кинетической энергии. Основываясь на этом утверждении ими получена формула для определения сопротивления отбрасыванию почвы:

$$P_{ОТБ} = \frac{75N_{ОТБ}}{v_a}, \quad (1.18)$$

где $N_{отб}$ - мощность необходимая на отбрасывание почвы;

v_a - скорость резания почвы рабочим органом.

В то же время большинство исследователей [113, 114, 115, 55, 118, 58, 119, 120, 73, 121, 122, 123] отмечают, что точное определение тягового сопротивления расчетным путем является достаточно сложной задачей и для получения достоверных результатов необходимо провести экспериментальные исследования.

1.5 Обзор технологий обработки почвы под культуры, возделываемые в Татарстане

В современном сельском хозяйстве широко внедряются безотвальные системы обработки почвы (мульчирующая, нулевая и.т.д.). Но в зависимости от

высеваемых культур, климатических условий, подверженности земель ветровой и водной эрозии, продолжает применяться и отвальная система обработки почвы с основной обработкой почвы. Основная обработка так же обеспечивает впитывание влаги при таянии снега, и при осадках, из-за улучшенной водопроницаемости большего объема почвы. Один из самых значимых негативных сторон технологий с применением основной обработки почвы, это большие затраты энергии на обработку почвы [1...131].

Растениеводство в Татарстане по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Татарстана, под выращивание овощей выделено 3 % сельскохозяйственных угодий; сахарной свеклы – 7 %; кормовых культур (кукурузы, травы, корнеплодов) – 37 %, а на зерновые культуры, такие как озимая и яровая пшеница, горох, овес, ячмень, выделено около 52 % земельных участков. [128]

Рассмотрим перспективы внедрения новых орудий для обработки почвы в технологии возделывания некоторых культур возделываемых в Татарстане.

В таблице 1. приведена примерная последовательность технологических операций по обработке почвы при возделывании яровых зерновых культур.

Таблица 1.3. Обработка почвы при возделывании яровых зерновых культур.

№	Наименование работ	Состав агрегата	
		Марка трактора	Орудия
1.	Лущение стерни 8-10 см	ДТ-75	ЛД-10
2.	Вспашка 20-22 см	К 700	ПН-8-35
3.	Боронование зяби	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
4.	Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
5.	2 Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
6.	Посев	ДТ-75М	СЗ-3,6
7.	Прикатывание	МТЗ-82	ЗККШ-6

Выделенные строки в таблице – это операции, в которых вместо традиционных орудий можно применить разрабатываемые ротационные орудия.

При бороновании зяби – в верхнем слое почвы нарушаются капиллярные связи, создаётся рыхлый, мульчирующий слой, который защищает содержащуюся в почве воду от испарения.

Предполагается, что при использовании новых ротационных орудий, вместо борон с неподвижными зубьями, сократятся расходы на рыхление почвы из-за выполнения ротационным рабочим органом скользящего воздействия с почвой. А так же более качественно будут удаляться сорные растения [1, 2, 3, 117, 120...127].

При культивации почву обрабатывают на глубину 6—15 см. Отклонения по глубине не должны превышать ± 2 см. Рабочие органы культиватора должны обеспечивать по всей ширине захвата 100%-ное рыхление почвы, подрезание сорняков и растительных остатков, вычесывание корневищ и боронование, крошение почвы за один проход до размеров комьев (в поперечнике) не более 4 см [129, 130, 131].

Обычно при возделывании яровых зерновых культур, в весенний период производят две культивации. Первая культивация проводится с целью улучшения физико-механических качеств почвы после пребывания зяби под снегом. При первой культивации практикуется внесение удобрений и их заделка в почву. Основная цель второй культивации, уничтожение сорных растений, и подготовка почвы к посеву, производится непосредственно перед посевом.

Но культиваторы уничтожают сорняки, подрезая их, подрезанные растения остаются в тесном контакте с почвой, и вместо одного из двух подрезанных частей вырастают новые растения. Это приводит к распространению сорняков [129, 131].

Рассмотрим последовательность операций по обработке почвы при технологию возделывания кукурузы.

Таблица 1.4. Обработка почвы при возделывании гороха.

№	Наименование работ	Состав агрегата	
		Марка трактора	Орудия
1.	Лущение стерни 8-10 см	ДТ-75	ЛД-10
2.	Вспашка 20-22 см	К 700	ПН-8-35
3.	Боронование зяби	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
4.	2 Боронование зяби	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
5.	Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
6.	2 Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
7.	Посев	ДТ-75М	СЗ-3,6
8.	Прикатывание	МТЗ-82	ЗККШ-6

Как вы видите по таблице, технологические операции по обработке почвы при возделывании гороха мало отличаются от возделывания яровых зерновых культур. В выделенных технологических операциях так же можно использовать новые ротационные орудия.

Рассмотрим последовательность технологических операций по обработке почвы при возделывании кукурузы на зелёный корм.

Таблица 1.5. Обработка почвы при возделывании кукурузы на зелёный корм.

№	Наименование работ	Состав агрегата	
		Марка трактора	Орудия
1.	Лущение стерни 8-10 см	ДТ-75	ЛД-10
2.	Пахота зяби с внесением аммиачной воды	К 700	ПН-8-35
3.	Боронование зяби	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
4.	2 Боронование зяби	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
5.	Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
6.	2 Культивация зяби	ДТ-75М	КПН-4Г
7.	Посев пунктирным способом	ДТ-75М	СЗ-3,6
8.	Прикатывание	МТЗ-82	ЗККШ-6

Рассмотрим последовательность технологических операций по обработке почвы при возделывании подсолнечника.

Таблица 1.6. Обработка почвы при возделывании подсолнечника.

№	Наименование работ	Состав агрегата	
		Марка трактора	Орудия
1.	Лущение стерни	ДТ-75	ЛД-10
2.	Вспашка 20-22 см	К 700	ПН-8-35
3.	Боронование в 2 следа	ДТ-75М	ЗБЗТУ-1
4.	Культивация зяби 6-7 см	ДТ-75М	КПН-4Г
5.	2 Культивация зяби 6-7 см	ДТ-75М	КПН-4Г
6.	Посев пунктирный	ДТ-75М	СЗ-3,6
7.	Прикатывание	МТЗ-82	ЗККШ-6

Как мы видим из представленных таблиц, при технологии возделывания различных культур, можно использовать разрабатываемые орудия, с целью улучшения качества обработки, и уменьшения энергозатрат. В технологических операциях, энергозатраты на которых можно уменьшить за счет новых разрабатываемых орудий, глубина обработки колеблется от 6 до 15 см [129, 130,131,128].

1.6 Выводы, цель и задачи исследований

Проведенные патентные исследования, обзор отечественных и зарубежных литературных источников позволили сделать вывод, что на сегодняшний день наиболее перспективным направлением в создании сельскохозяйственных машин для поверхностной обработки почвы является разработка орудий, на основе новых видов ротационных рабочих органов.

Стоит заметить, что существуют разработанные учеными Казанского ГАУ, перспективные ротационные орудия для мелкой и поверхностной обработки почвы, которые обеспечивают требуемое крошение почвы и удаление сорняков. Основной проблемой существующих и недавно разработанных ротационных орудий является нахождение удаленных сорняков в выгодном для прорастания положении в тесном контакте с почвой. Таким

образом, возникает потребность в разработке орудия, который будет способствовать:

- более качественному крошению почвы;
- вычесыванию сорных растений из почвенной массы;
- созданию ровной поверхности поля после обработки;
- мульчированию за счет пожнивных остатков и удаленных сорных растений
- уменьшению энергоёмкости за счет вращения органов и обеспечения скользящего резания пласта
- повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет повышения качества обработки почвы;
- снижение себестоимости единицы продукции.

ГЛАВА II ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

2. Теоретические исследования парно-дискового ротационного орудия.

Ротационные орудия с дисковыми рабочими органами широко применяются при мелкой обработке почвы. Однако у них не всегда сочетаются такие показатели, как качественное вычесывание сорняков и создание мелкокомковатой структуры почвы. С целью их улучшения разработано почвообрабатывающее орудие [124, 126] с дисковыми рабочими органами. Его основу составляют отдельные секции, состоящие из двух дисков, установленных на изогнутой оси с возможностью свободного вращения. Плоскости вращения дисков образуют между собой угол α . Линии изгиба осей каждой секции лежат в одной плоскости, отклоненной от вертикали в сторону поступательного движения орудия V_e на угол φ , при котором обеспечивается минимальное расстояние между дисками на уровне поверхности почвы в зоне их выхода. Значение угла φ , удовлетворяющего этому условию, определили по формуле:

$$\varphi = \arccos \left(1 - \frac{a}{R} \right), \quad (2.1)$$

где a – глубина погружения дисков в почву, R – радиус дисков.

2.1 Зависимости деформации пласта почвы между дисками рабочего органа

Для оптимизации конструктивных и регулировочных параметров рабочего органа с учетом конкретных почвенных условий, характеризующихся основными механическими параметрами почвы, а также в зависимости от глубины обработки необходимо получить уравнение окружной скорости кромки диска.

Обозначим координатные оси (рис. 3.32), связанные с рамой машины, через (x, y, z) , принадлежащие диску – (x_2, y_2, z_2) , а промежуточные оси – (x_1, y_1, z_1) . Для описания точек на диске в системе (x_2, y_2, z_2) введем цилиндрические

координаты(рис.3.33). При этом угол $\omega_2 t$ будем отсчитывать от нижней точки диска по оси z в системе (x, y, z) . Начало входа диска в почву соответствует углу $\omega_2 t = -\varphi_2$, а выхода из почвы - $\omega_2 t = \varphi_2$, где $\omega_2 = V/R$. Тогда уравнение окружности радиуса R в осях (x_2, y_2, z_2) примет вид:

$$\begin{cases} x_2 = b \\ y_2 = R \cos\left(\omega_2 t - \frac{\pi}{2} - \varphi_2\right) \\ z_2 = R \sin\left(\omega_2 t - \frac{\pi}{2} - \varphi_2\right) \end{cases} \quad (2.2)$$

где b – смещение центра диска от начала координат.

Для точек диска, у которых текущий радиус $R_t \leq R$, уравнения (2.2) будут справедливы при замене R на R_t . Преобразование координат (2.2) в систему отсчета, связанную с рамой машины проведем с помощью двух поворотов осей.

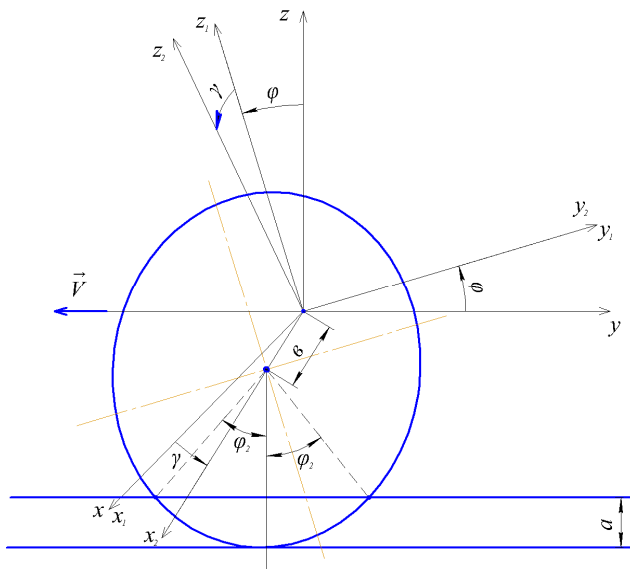


Рисунок 2.1– Преобразование координат точек диска при переходе к осям координат, связанных с рамой (x, y, z)

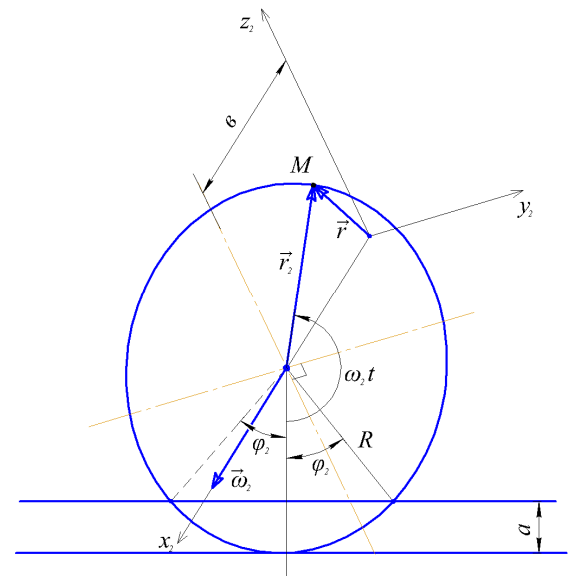


Рисунок 2.2 – Схема для определения уравнений окружности кромки диска в системе (x_2, y_2, z_2) в цилиндрических координатах

Первый поворот осей (x, y, z) к осям (x_1, y_1, z_1) выполним на угол φ (2.1) вокруг оси x . Второй поворот осей (x_1, y_1, z_1) сделаем на угол γ вокруг оси y_1 (рис. 2.1). Цилиндрический радиус $\vec{r}_2$ произвольной точки M на окружности диска связан с центром диска и вращается вместе с ним с угловой скоростью ω_2 .

При аналитических исследованиях удобно полагать, что угловая скорость $\omega_2 = 1$ и рассматривать ее как коэффициент при параметре t для описания окружности в цилиндрических координатах. Тогда радиус вектор $\vec{r}$ относительно начала отсчета $\vec{r}(x_2, y_2, z_2)$ преобразуется следующим образом:

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \\ z \end{Bmatrix} = [A_x(\varphi)][A_{y1}(\gamma)] \begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{Bmatrix} \quad (2.3)$$

где $[A_x(\varphi)]$ – матрица поворота вокруг оси x :

$$[A_x(\varphi)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$[A_{y1}(\gamma)] = \begin{bmatrix} \cos \gamma & 0 & \sin \gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Угол γ –соответствует отклонению диска от вертикальной плоскости. Он равен $\gamma = \frac{\alpha}{2}$, где α – минимальный угол между двумя дисками. Величина смещения дисков по оси x_2 от начала отсчета равна:

$$b = \frac{d}{2} + R \sin \gamma,$$

где d – минимальное расстояние между дисками на окружности радиуса R .

По выражениям (2.3) получим:

$$\begin{cases} x = b \cos \gamma + R \sin \left(\omega_2 t - \varphi_2 - \frac{\pi}{2} \right) \sin \gamma; \\ y = R \cos \left(\omega_2 t - \varphi_2 - \frac{\pi}{2} \right) \cos \varphi + b \sin(\gamma) \sin \varphi - R \sin \left(\omega_2 t - \varphi_2 - \frac{\pi}{2} \right) \cos \gamma \sin \varphi; \\ z = R \cos \left(\omega_2 t - \varphi_2 - \frac{\pi}{2} \right) \sin \varphi - b \sin \gamma \cos \varphi + R \sin \left(\omega_2 t - \varphi_2 - \frac{\pi}{2} \right) \cos \gamma \cos \varphi. \end{cases} \quad (2.6)$$

Связь между углами φ и φ_2 определяется выражением $\tan \varphi_2 = \tan \varphi \cos \gamma$, так как φ – это проекция угла φ_2 на плоскость (z, y) , тогда $\varphi_2 = \arctg(\tan \varphi \cos \gamma)$. При малых углах γ угол $\varphi_2 \approx \varphi$. Если при $t = 0$ радиусе диска r_2 находится в нижней точке, то деформация почвы на глубине z зависит от разности координат x при $\omega_2 t = -\varphi_2$ и $\omega_2 t = \varphi_2$, а относительная деформация примет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{x(-\omega_2 t) - x(\omega_2 t)}{x(-\omega_2 t)} \quad (2.7)$$

В диапазоне от $-\varphi_2$ до φ_2 значения изменяются с малым шагом, тогда справедливо $\omega_2 t = 0 \dots \varphi_2$. Используя зависимости $\varepsilon(t)$ от глубины координаты z , полученные расчетным путем (рисунки 2.3, 2.4, 2.5), можно с помощью

диаграммы $\sigma(\varepsilon)$ (рис.2.6), определить максимальную глубину погружения рабочих органов, при которой происходит разрушение почвы между дисками. Значения относительной деформации, меньшие $\varepsilon_{пред}$, соответствуют глубине $z(t)$, при которой массив почвы между дисками не будет разрыхлен.

По данным лабораторных опытов (5.1.1) предельное значение относительной деформации светло серой лесной почвы $\varepsilon_{пред}=0,122$. При больших значениях относительной деформации происходит ее гарантированное разрушение.

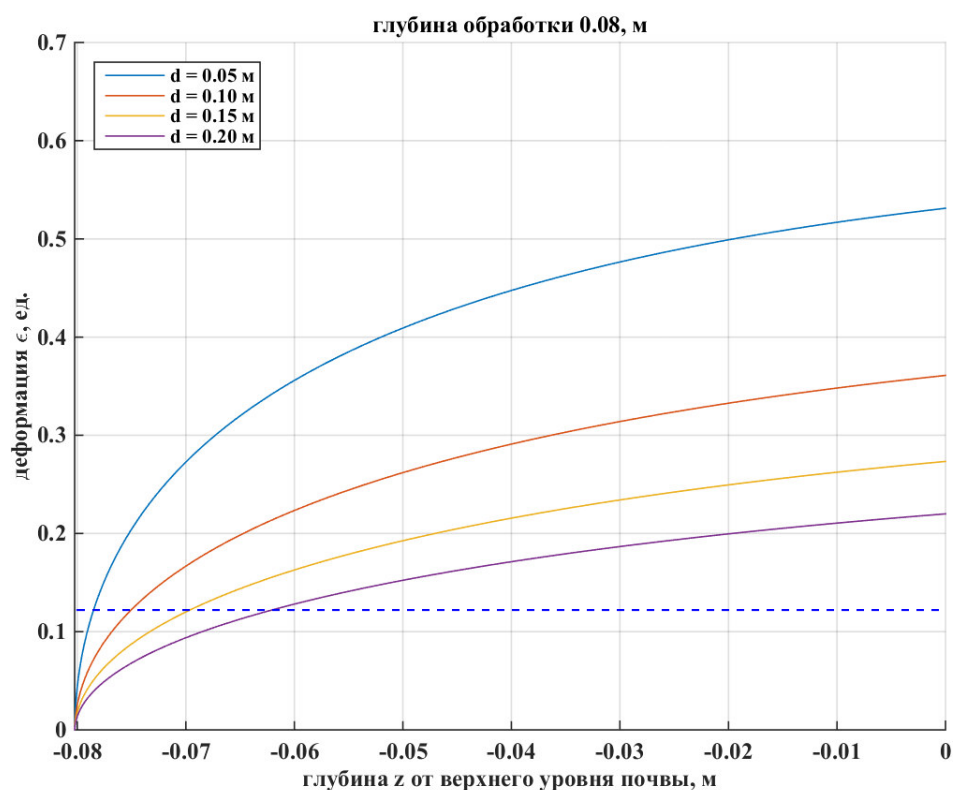


Рисунок 2.3 –Зависимость относительной деформации почвы ε от координаты z при различных значениях глубины обработки и расстояния между дисками d (при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и угла наклона дисков $\gamma = 6^\circ$): ----- предельное значение относительной деформации почвы.

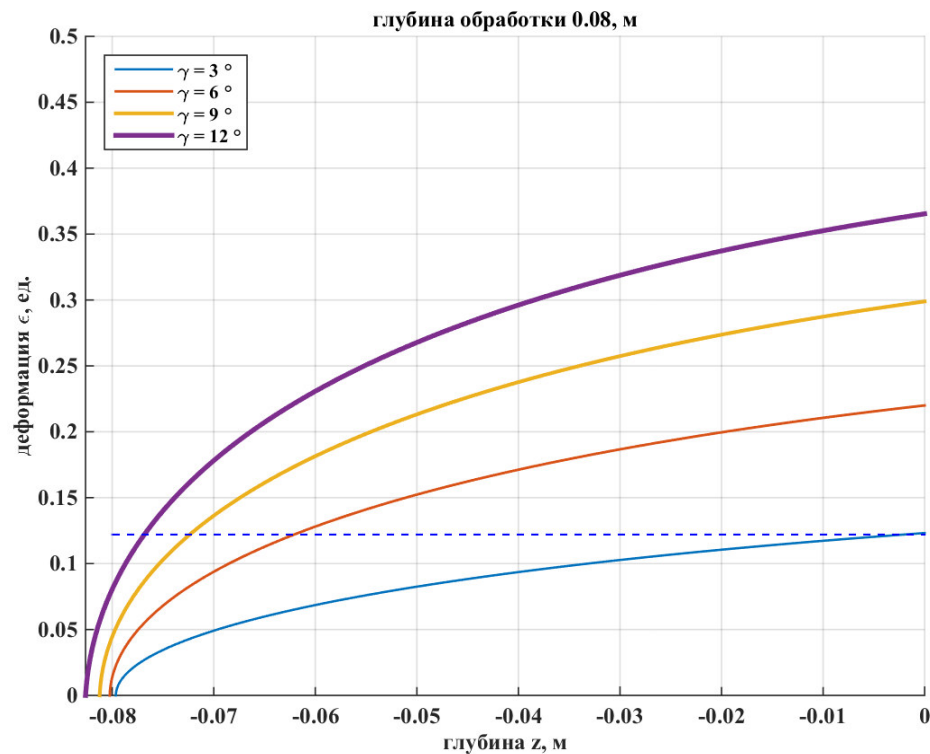


Рисунок 2.4 –Зависимость относительной деформации почвы ϵ от координаты z при различных значениях глубины обработки и угла наклона дисков γ (при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и расстояния между дисками $d = 0,2$ м):----- предельное значение относительной деформации почвы

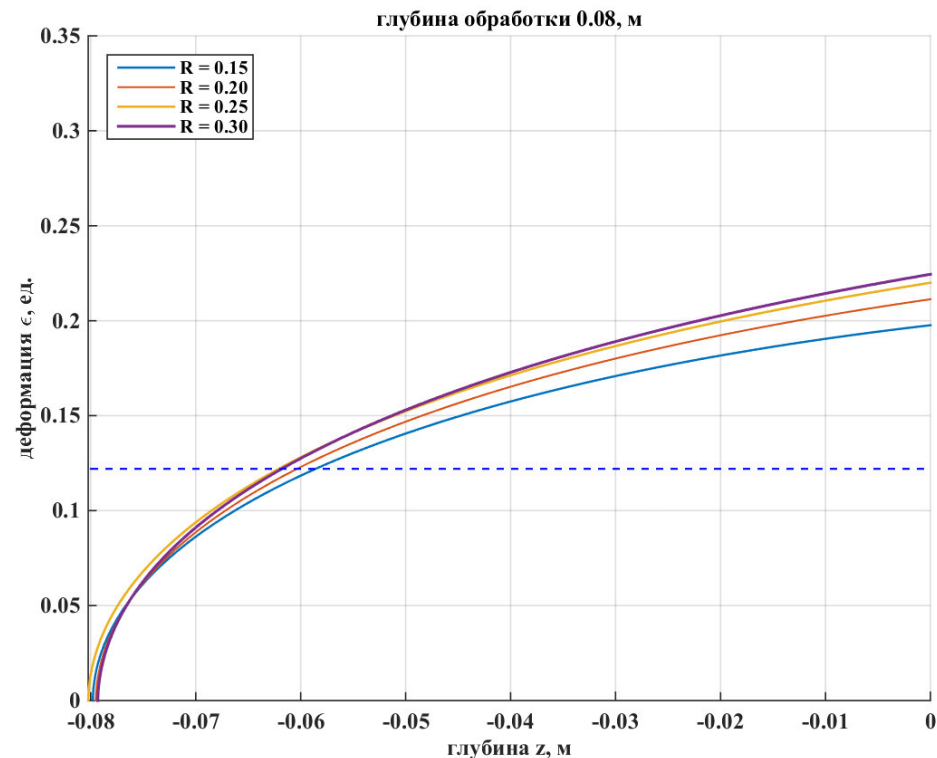


Рисунок 2.5 –Зависимость относительной деформации почвы ϵ от координаты z при различных значениях глубины обработки и радиуса диска R (при фиксированных значениях расстояния между дисками $d = 0,2$ м и угла наклона дисков $\gamma = 6^\circ$):----- предельное значение относительной деформации почвы

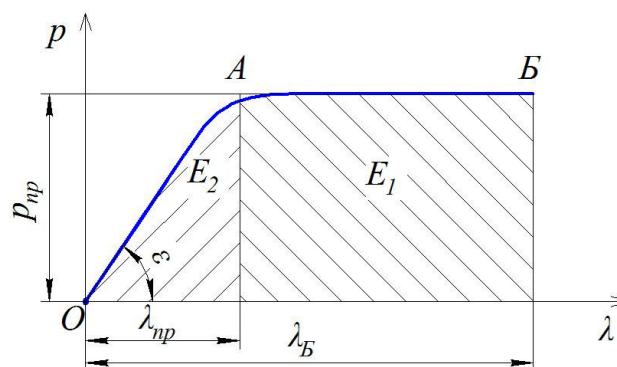


Рисунок 2.6 – Зависимость удельного сопротивления почвы смятию p от ее линейной деформации λ

Из предварительного анализа можно предположить, что глубина погружения рабочих органов в почву и толщина почвенного слоя, который подвергается разрушению, не совпадают, так как предельного значения относительной деформации почва достигает на некотором расстоянии от дна борозд, образуемых кромками дисков. С увеличением глубины обработки почвы толщина недеформированного слоя (в виде бугорка) будет уменьшаться как в абсолютном значении, так и в процентном отношении к толщине обрабатываемого слоя. Например, для расстояния между дисками $d = 0,20$ м при глубине обработки почвы равной $0,06$ м (рис.2.3) высота бугорка будет составлять $0,023$ м или $38,3\%$ от глубины обработки, а при обработке почвы на глубину $0,16$ м она будет равна $0,015$ м или $9,4\%$.

По степени влияния факторов в выбранном интервале их изменения на относительную деформацию почвы по глубине можно предварительно проранжировать следующим образом: более широкий диапазон варьирования принадлежит углу наклона дисков γ , далее следует расстояние между дисками d и затем радиус дисков R . Величину уровня значимости влияния факторов на критерии оптимизации можно будет выявить в результате лабораторных и полевых опытов.

Рассматривая влияние угла наклона дисков γ на относительную деформацию почвы (рисунок 2.4) видим, что при $\gamma = 3^\circ$ на глубинах обработки $0,06$ м и $0,08$ м предельного значения относительной деформации светло серая лесная почва не достигнет. Рассматривая влияние углов наклона дисков на

стабильность деформируемого слоя почвы при варьировании глубины обработки рабочими органами, убеждаемся, что у данного фактора она будет самая высокая. При значении угла $\gamma=9^0$ и установке дисков на глубину 0,06м толщина слоя почвы, подвергающегося гарантированному разрушению, составит 83,3% от заданной. Поэтому в последующих исследованиях в качестве основного уровня данного фактора будем использовать значение этого угла.

Наибольшее варьирование толщины разрушаемого слоя почвы от глубины обработки выявлено (рис. 2.5) для фактора – радиус диска R . При установке дисков радиусом 0,25м на глубину обработки 0,06м она составит 60%, а при глубине обработки 0,16м – 93,7%. Необходимо отметить, что существенной зависимости толщины слоя почвы с гарантированным разрушением от радиуса диска не выявлено. Поэтому из технических и технологических соображений в качестве основного уровня данного фактора будем использовать значение $R=0,25\text{м}$.

Для фактора d величина варьирования деформируемого слоя почвы в зависимости от погружения дисковых рабочих органов несколько ниже, чем у R . Так для глубины обработки почвы 0,06м при установке дисков на расстоянии 0,20м она (рис. 2.3) составит 61,6% от исходной, а на глубине 0,16м – 91%. Полученные графические зависимости позволяют заключить, что наибольшие относительные деформации почвы образуются при малых значениях расстояния между дисками. В то же время увеличение расстояния между ними до значений в интервале 0,15...0,20 м не приведет к существенному уменьшению деформаций почвы. Поэтому в качестве основного уровня данного фактора будем использовать значение расстояния между дисками $d=0,15\text{м}$.

На рисунках 2.3, 2.4, 2.5 зависимости относительной деформации почвы ε от конструктивных и регулировочных параметров рабочего органа приведены при воздействии лишь одного диска. Для наглядного представления о характере разрушения почвы и параметрах бугорка в междисковом пространстве на рисунках 2.7, 2.8 приведены эпюры деформации почвы от воздействия на нее обоих дисков.

Судя по рисункам, гарантированное разрушение почвы будет происходить при достижении предельного значения относительной деформации почвы $\varepsilon_{пр.} = 0,122$ и более. На графиках оно находится между вертикальными линиями, обозначенными $\varepsilon_{пр.}$ и расположенными, соответственно, справа для левого диска и слева для правого.

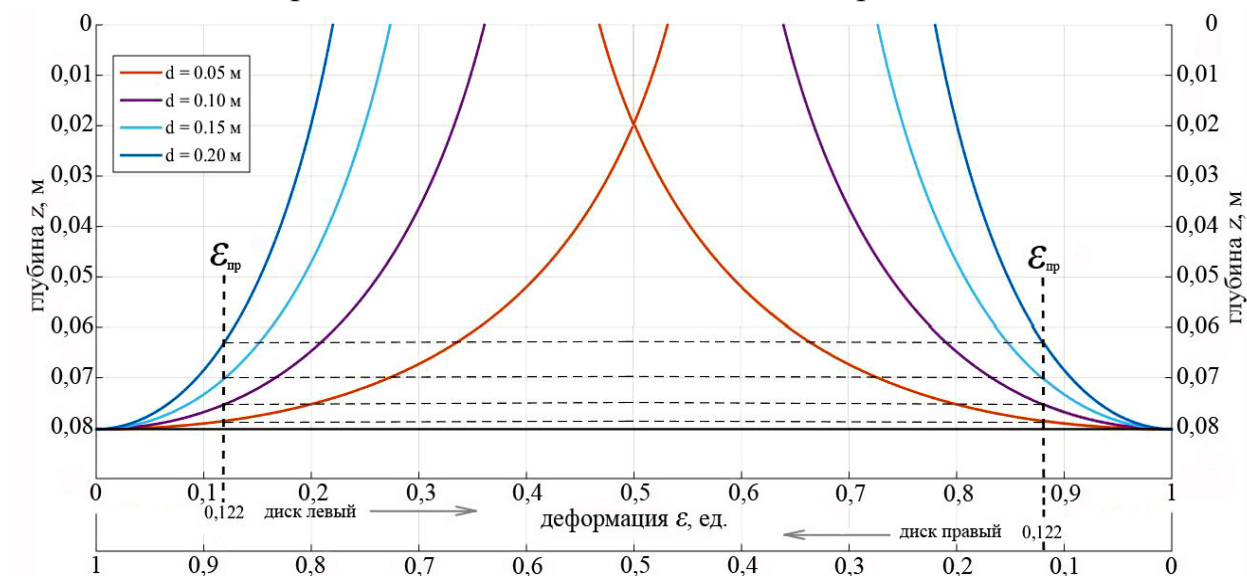


Рисунок 2.7– Эпюры деформации почвы при глубине обработки $a = 0,08$ м и различных значениях расстояния между дисками d (при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и угла наклона дисков $\gamma = 6^\circ$)

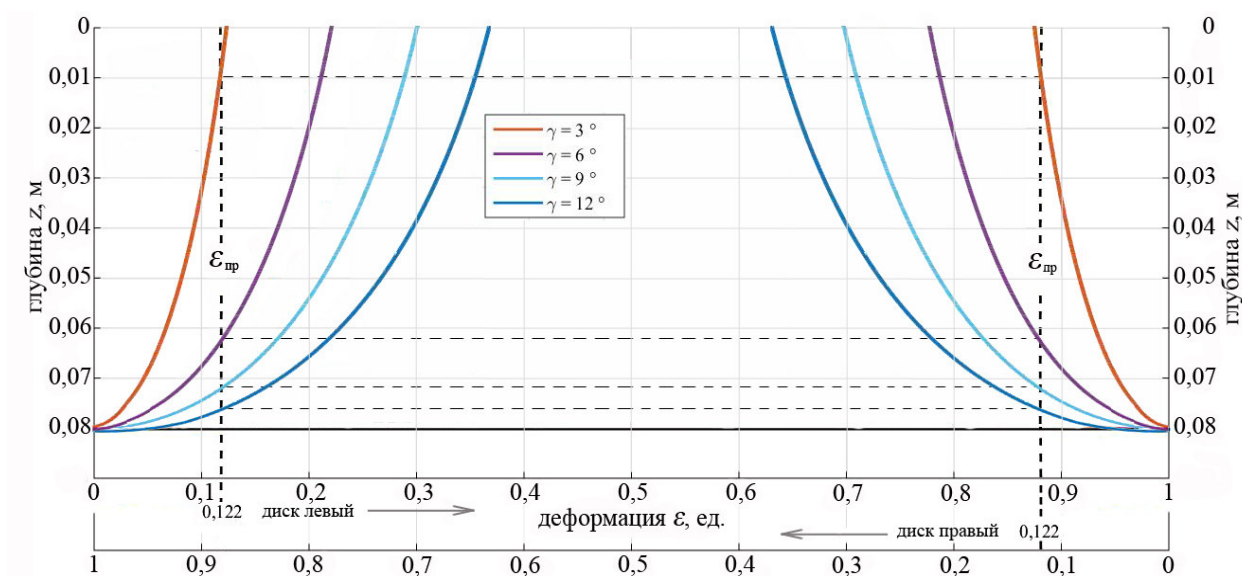


Рисунок 2.8 – Эпюра деформации почвы при глубине обработки $a = 0,08$ м и различных значениях угла наклона дисков γ (при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и расстояния между дисками $d = 0,2$ м)

На рисунках диски установлены на расстоянии, соответствующем $\xi=1$, то есть когда они могут быть полностью перекрыты. Численное его значение немногим меньше радиуса диска, равного $0,25$ м. В реальных условиях на

машине расстояние между дисками будет меньше. Как было предположено ранее, для различных параметров рабочих органов деформация почвы будет происходить с разной толщиной разрушенного слоя и, соответственно, с разными размерами по высоте почвенного бугорка на дне борозды. Его профиль на рисунках обозначен пунктирными линиями. Тем не менее, мы полагаем, что полки, параллельной поверхности почвы не будет, так как напряжения в почве по мере удаления от дисков будут угасать. Поэтому для подтверждения теоретических предпосылок необходимо провести экспериментальные исследования.

2.2 Исследование возможности отделения частиц почвы от массива

Зададимся координатой $z(t)$ почвы в осях, связанных с рамой машины, при которой достигнута относительная деформация разрушения ε_{np} для определенного сочетания параметров установки дисков (φ , φ_2 , γ) и глубины обработки почвы a (рис. 2.9).

Этой координате $z(t)$ соответствует некоторый угол радиус-вектора точки диска φ_{2np} , при котором произошло разрушение массива почвы по кромке диска на радиусе R . Угол γ отклонения диска от вертикальной плоскости мал $\gamma = 3 \dots 9^\circ$, поэтому полагаем, что $\cos \gamma \approx 1$. В этом случае условия отрыва частиц почвы по линии радиуса, направленного по φ_{2np} в момент, когда параметр $t = t_{np}$, представим в виде:

$$\tau_g \left(\frac{R \cos \varphi_{2np} - R + a}{\cos \varphi_{2np}} \right) \geq \tau_n \cdot x(t_{np}) \quad (2.8)$$

где τ_g – касательные напряжения, возникающие при трении почвы о диск

$$\tau_g = C + P_i \operatorname{tg} \varphi,$$

C – сцепление почвы, $C = 0,18$ МПа;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент трения почвы, $\varphi = 31^\circ$;

P_i – нормальные напряжения.

Нормальные напряжения P_i определим (рис. 2.6) по относительной деформации с помощью диаграммы $\sigma(\varepsilon)$ для середины линии взаимодействия при

$$R_s = \left(R - \frac{R \cos \varphi_{2np} - R + a}{2 \cos \varphi_{2np}} \right). \quad (2.9)$$

То есть найдем напряжения сжатия в точке C , когда $\varphi_2 = \varphi_{2np}$.

Напряжения на нижней границе области разрушения τ_n будут равны сцеплению почвы C , так как полагаем, что сжимающие нормальные напряжения в вертикальном направлении отсутствуют.

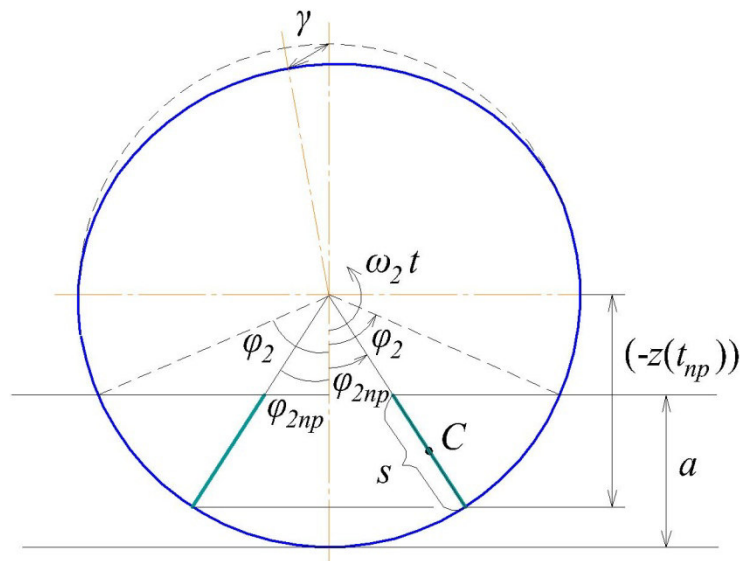


Рисунок 2.9 – Схема для изучения возможности отделения частиц почвы от массива

Значение $x(t_{np})$ – определим по графику. Так, для ранее описанной установки дисков $x(t_{np}) = 0,056$ м, ширины полосы $S = 0,079$ м координата x при угле φ_{2np} будет равна 0,118. При этом неравенство для отрыва почвы выполнится автоматически, так как $S > x(t_{np})$. Следовательно, диски можно установить на большем расстоянии друг от друга.

Возможность заземления сорняков определим по напряжению сжатия почвы между дисками и площади сечения сорняка по полоске длиной S . Так, при диаметре сорняка D усилие заземления будет равно

$$N = D \cdot S \cdot P, \quad (2.10)$$

где P – определим по диаграмме напряжений разрушения почвы.

2.3 Движение почвы по дискам после отделения от монолита

Выберем в системе координат (x, y, z) начальное положение частицы почвы, соответствующее углу φ_{np} , отложенному по отрицательному направлению оси z против хода часовой стрелки. Частица находится в точке C на расстоянии r от центра диска (рис.2.10) [125, 126].

В последующем движении, после отрыва монолита почвы, частица движется под действием силы тяжести, сил трения, сил нормального давления со стороны дисков и сил инерции.

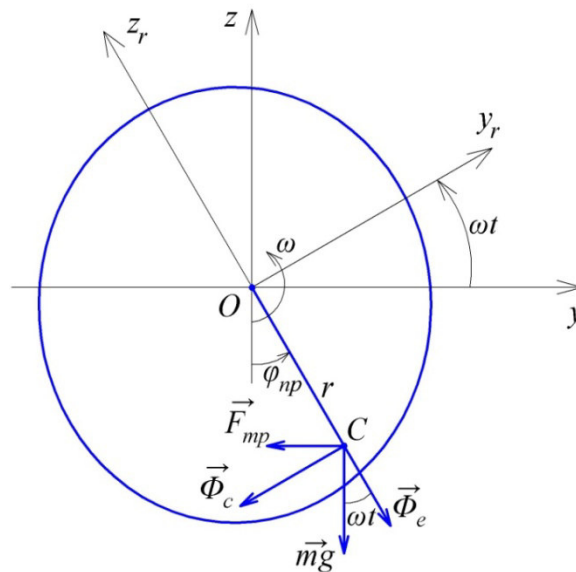


Рисунок 2.10—Схема сил для описания движение почвы по дискам после отделения от монолита

Рассмотрим движение в плоскости (zy) под действием сил, лежащих в этой плоскости в проекции на вращающиеся оси координат с угловой скоростью $\omega = \omega_2 \cos \gamma$, где ω_2 – угловая скорость вращения дисков вокруг своих осей симметрии:

$$\begin{cases} m\ddot{y}_r = -mg \sin \omega t + \Phi_{ey} + \Phi_{cy} + F_{mry} \\ m\ddot{z}_r = -mg \cos \omega t + \Phi_{ez} + \Phi_{cz} + F_{trpz} \end{cases} \quad (2.11)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_{ey} &= m\omega^2 y_r \\ \Phi_{ez} &= m\omega^2 z_r \end{aligned} \quad (2.12)$$

проекции центробежной силы инерции.

Кориолисова сила инерции по определению равна: $\vec{\Phi}_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{V}_r$.

Тогда

$$\vec{\Phi}_c = -2m \begin{vmatrix} \vec{l}_r & \vec{j}_r & \vec{k}_r \\ \omega & 0 & 0 \\ 0 & \dot{y}_r & \dot{z}_r \end{vmatrix} = -2m \left(\vec{l}_r 0 + \vec{j}_r (\omega \dot{z}_r) + \vec{k}_r (\omega \dot{y}_r) \right).$$

$$\begin{cases} \Phi_{cxr} = 0 \\ \Phi_{cyr} = 2m\omega \dot{z}_r \\ \Phi_{c zr} = -2m\omega \dot{y}_r \end{cases} \quad (2.13)$$

Сила трения F_{mp} противоположна относительной скорости движения

$$\vec{F}_{\text{тр}} = -|\vec{F}_{\text{тр}}| \frac{\vec{V}_r}{|\vec{V}_r|}$$

Тогда

$$\begin{cases} F_{mpy} = -|F_{mp}| \frac{\dot{y}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \\ F_{mpz} = -|F_{mp}| \frac{\dot{z}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \\ F_{mpx} = 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

Модуль силы трения равен:

$$F_{mp} = \tau_g S h,$$

где Sh – площадь контакта частицы с диском (при приведении к линии h – малая величина, стремящаяся к нулю, поэтому вместо площади используем длину полоски почвы, S – длина полоски контакта (рис.2.9); τ_g – касательные напряжения.

$$\tau_g = C + P \operatorname{tg} \varphi_{\text{тр}}.$$

Тогда (3.116) представим в виде:

$$\begin{cases} m\ddot{y}_r = -mg \sin \omega t + m\omega^2 y_r + 2m\omega \dot{z}_r - |F_{mp}| \frac{\dot{y}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \\ m\ddot{z}_r = -mg \cos \omega t + m\omega^2 z_r - 2m\omega \dot{y}_r - |F_{mp}| \frac{\dot{z}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \end{cases} \quad (2.15)$$

Определим удельную массу m , приходящуюся на единицу длины радиальной полоски почвы длиной S (рис.2.9):

$$m = s \cdot \rho \cdot x_c(t_{\text{пр}}),$$

где ρ – плотность почвы в исходном состоянии;

$x_c(t_{\text{пр}})$ – половина расстояния между дисками на уровне середины полоски точки С (2.9), которая определяется при $R_t = R_c = \left(R - \frac{s}{2}\right)$.

Половина расстояния между дисками берется в силу симметрии силового взаимодействия, при этом силы и массу учитываем только для одного диска.

Полагаем, что удельная сила трения на единицу длины полосы S равна:

$$|F_{\text{тр}}| = C \cdot s = C \frac{m}{\rho \cdot x_c(t_{\text{пр}})},$$

тогда, сокращая на удельную массу m в выражениях (2.15), получим:

$$\begin{cases} \ddot{y}_r = -g \sin \omega t + \omega^2 y_r + 2\omega \dot{z}_r - C \frac{1}{\rho \cdot x_c(t_{\text{пр}})} \cdot \frac{\dot{y}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \\ \ddot{z}_r = -g \cos \omega t + \omega^2 z_r - 2\omega \dot{y}_r - C \frac{1}{\rho \cdot x_c(t_{\text{пр}})} \cdot \frac{\dot{z}_r}{\sqrt{\dot{y}_r^2 + \dot{z}_r^2}} \end{cases} \quad (2.16)$$

Результаты расчетов с помощью этих зависимостей представлены на рисунках 2.11, 2.12 и 2.13. На них приведены траектории движения частиц почвы по диску для изучаемых факторов, характеризующих конструктивные параметры дискового культиватора, в зависимости от глубины обработки.

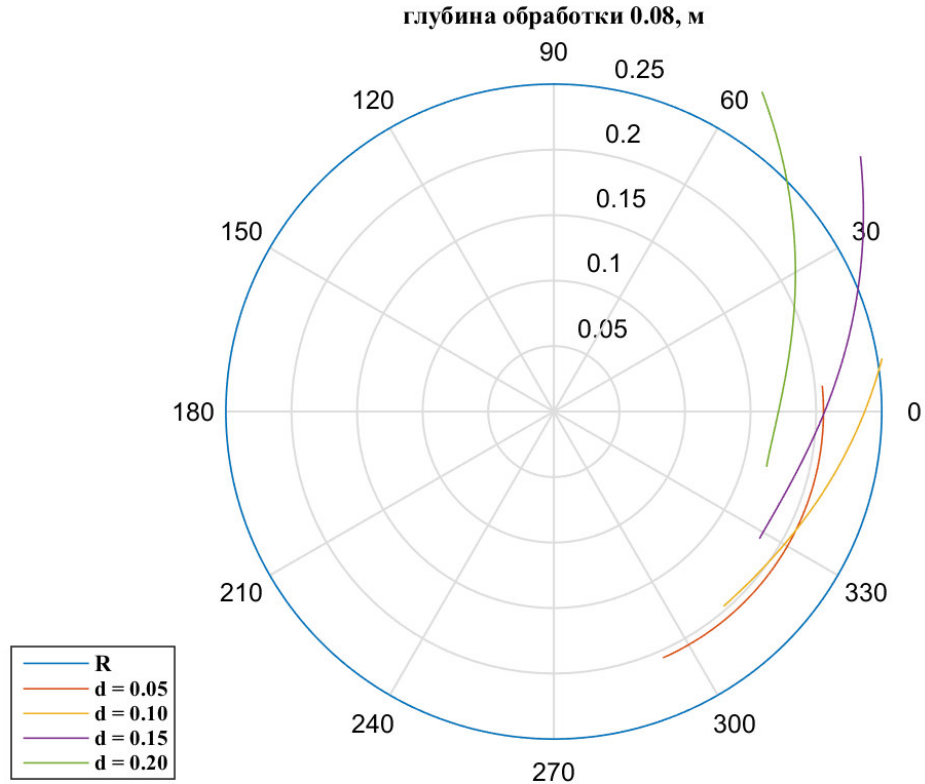


Рисунок 2.11 – Траектории движения частицы почвы по диску в зависимости от расстояния между дисками d и глубины обработки(при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и угла наклона дисков $\gamma = 6^\circ$)

На рисунке 2.11 представлены круговые диаграммы схода почвы с дисков радиусом 0,25м при различных расстояниях между ними. Видно, что при установке дисков на расстоянии $d = 0,05\text{м}$ схода почвы с них не происходит, так как почва остается зажатой между ними. Для расстояний между дисками 0,15...0,20 м с увеличением глубины обработки угол схода почвы уменьшается, так как значения относительной деформации почвы (рис.2.3) снижаются. А для $d=0,10\text{м}$ с увеличением глубины обработки угол схода почвы незначительно возрастает.

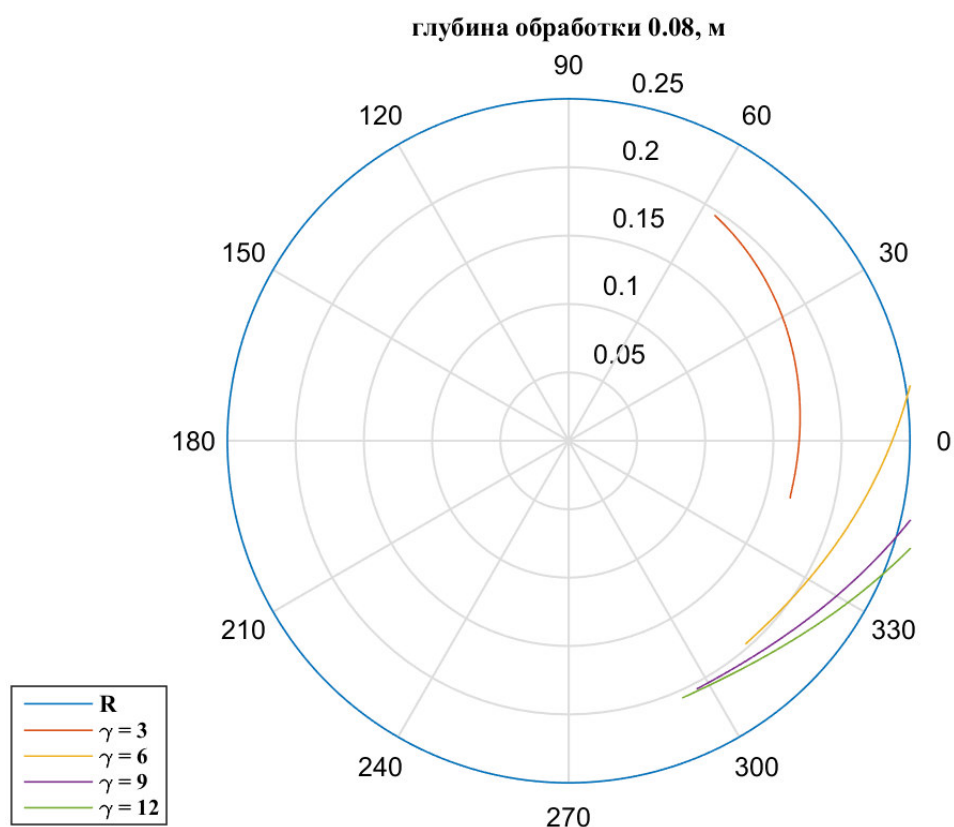


Рисунок 2.12 –Траектории движения частицы почвы по диску в зависимости от угла наклона дисков γ и глубины обработки (при фиксированных значениях радиуса диска $R = 0,25$ м и расстояния между дисками $d = 0,2$ м)

На рисунке 2.12 приведены круговые диаграммы схода почвы с дисков в зависимости от угла их наклона γ и глубины обработки. Из представленных данных видно, что при установке дисков на угол 3^0 схода почвы нет. Предположительно, разрезаемый дисками почвенный монолит не разрушается, так как предельного значения относительной деформации почва не достигает (рис.). При увеличении глубины обработки углы схода почвы с дисков для

$\gamma=6^0 \dots 12^0$ возрастают. Очевидно, это происходит за счет увеличения толщины слоя почвы, подвергшейся разрушению.

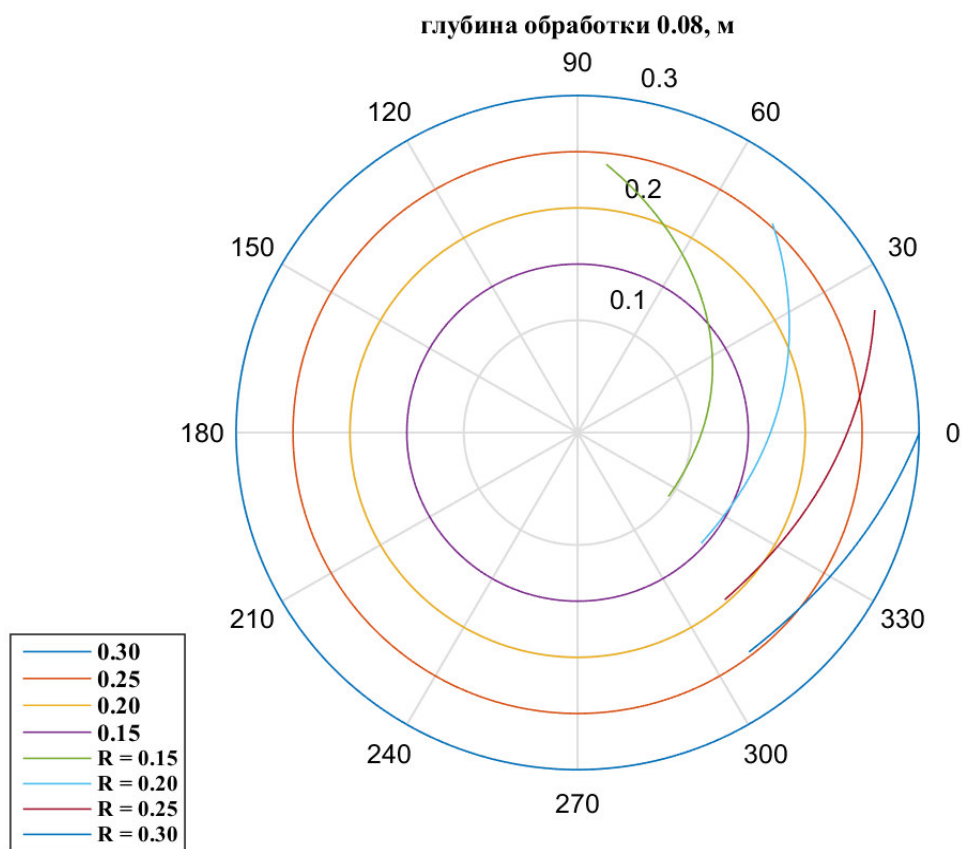


Рисунок 2.13 – Траектории движения частицы почвы по диску в зависимости от радиуса диска R и глубины обработки (при фиксированных значениях расстояния между дисками $d = 0,2$ м и угла наклона дисков $\gamma=6^0$)

На рисунке 2.13 представлены траектории движения частиц почвы по диску в зависимости от его радиуса R и глубины обработки. С уменьшением радиуса диска угол схода почвы увеличивается. Это связано возрастанием частоты вращения дисков при уменьшении их диаметра. От увеличения глубины обработки почвы углы схода ее с дисков практически не изменяются.

Таким образом, для оптимизации конструктивных и регулировочных параметров рабочего органа с учетом конкретных почвенных условий необходимо провести лабораторные и полевые исследования.

ГЛАВА III ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Основной целью экспериментальных исследований является обоснование конструктивно - технологических параметров почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами для поверхностной обработки почвы.

При проведении экспериментальных исследований решались следующие задачи:

- проверка достоверности аналитических и теоретических зависимостей, полученных во второй главе;
- обоснование конструктивно-технологической схемы и определение рациональных параметров почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.

В соответствии с поставленными задачами была разработана общая методика и программа экспериментальных исследований, которая предусматривала:

1. Изготовление опытного образца почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.
2. Определение физико-механических свойств почвы.
3. Исследование влияния конструктивно-технологических параметров на энергоемкость процесса обработки почвы ротационным рабочим органом в почвенном канале.
4. Проведение полевых исследований для обоснования конструктивно-технологической схемы почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами.
5. Исследование влияния параметров конструкции и режимов работы экспериментального орудия на агротехнические показатели его работы.

Экспериментальные исследования проводились согласно требований ГОСТ 24057-80 и отраслевых стандартов ОСТ 70.2.15-73, ОСТ 70.4.1-74 [27, 29, 54, 82].

Экономическая и энергетическая оценка почвообрабатывающего орудия с ротационными рабочими органами проводились согласно требований ГОСТ-23728-88 и отраслевых стандартов ОСТ 70.2.18-73, ОСТ 70.2.20-73, ОСТ 70.2.2-73 [26, 83].

3.2 Устройство экспериментальной установки

Экспериментальная установка была изготовлено из стандартных деталей сельскохозяйственных машин. Также были изготовлены нестандартные элементы и узлы. Используются сошники, ступицы, пружины и подшипники от зерновой сеялки СЗ 3,6. Рама, изогнутые оси, и стойка почвообрабатывающего орудия изготовлены из металлопроката. Для изготовления опытного образца были разработаны рабочие чертежи, конструкторская документация, приспособления для производства. Работы по изготовлению опытного образца проводились на базе ООО ГАПОУ «Сабинский аграрный колледж».

Экспериментальное орудие (рисунок 3.1) состоит из рамы 1, двух зеркально расположенных дисков 2, закреплённых на стойке с изогнутыми осями 3, который в свою очередь упирается на раму, посредством комплекта пружины и тяги 4. Для регулирования глубины обработки установка оснащёна опорным колесом 5 и стойкой опорного колеса 6. Между дисками установлены съёмные зубья 7, при этом диски 2 установлены таким образом, что образуют угол атаки α к направлению движения агрегата и угол наклона β к вертикали зависимый от угла φ . А так же установку оборудовали специальной цепкой 8, для агрегатирования с минитрактором Скаут – Т 15.

Глубина обработки рабочего органа регулируется, при помощи болтов (рисунок 3.2 а), путем переустановки стойки опорного колеса в другие отверстия, которые расположены с интервалом 20 мм. Глубину обработки можно регулировать на три положения (0,06, 0,07, 0,08 м), с учетом натяжки

пружины с помощью тяги (рисунок 3.2 б) на 0,01 м после каждого углубления, для установления самого близкого расстояния между дисками на выходе из почвы и обеспечения нужного давления на почву.



Рисунок 3.1 – Экспериментальная установка



а



б

Рисунок 3.2 – Порядок регулировки глубины обработки

а) регулировка положения опорного колеса; б) регулировка угла φ

Расстояние между дисками d регулируется путем установки втулок разных размеров (рисунок 3.3) в диапазоне от 0,15 до 0,20 м. Если установить диски на оси без вкладывания втулок d будет равна 0,15 м. Посредством втулок расстояние между дисками можно увеличить до 0,20 м.

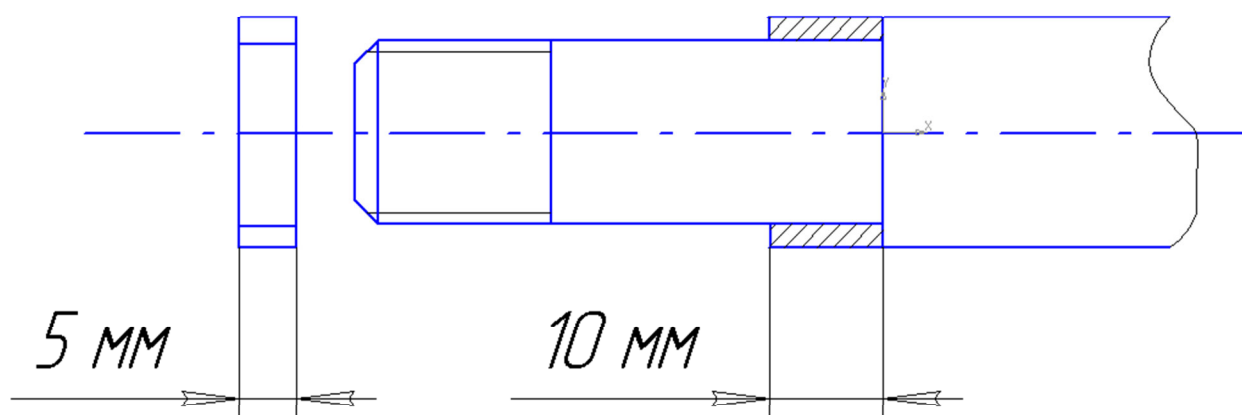


Рисунок 3.3 – Регулировка расстояния между дисками.

Угол наклона γ регулируется с помощью подвижных осей (рисунок 3.4), приваренных на две круглые пластины 1, которые накладываются друг на друга и прикручиваются к стойке с помощью общего болта 2 через отверстие в центре пластин. Угол фиксируется болтом 3. В нижней пластине просверлены отверстия, которые фиксируют угол в диапазоне от 3 до 15 градусов.

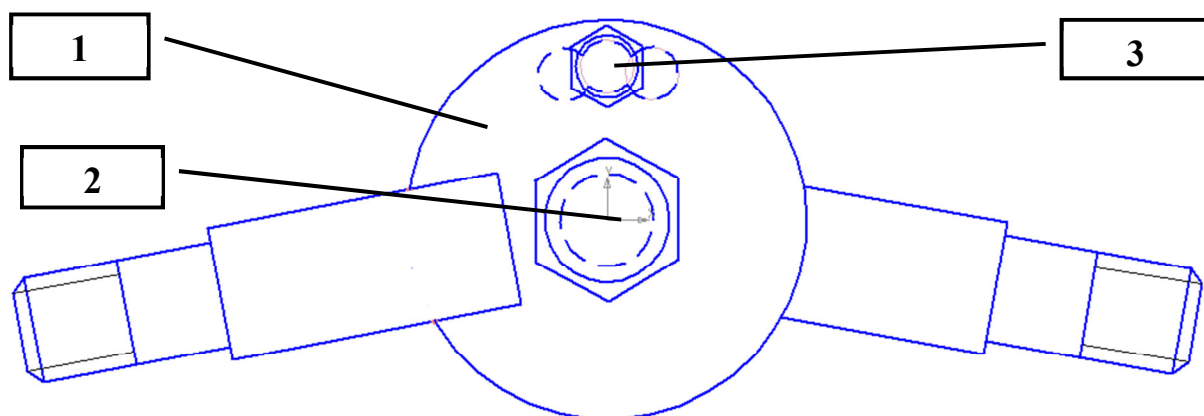


Рисунок 3.4 – Регулировка угла наклона γ

Исследования при различных диаметрах диска будут проводиться путем замены специально наточенных дисков под размеры в диапазоне от 0,20 до 0,30 м.

3.2 Выбор факторов и интервалов их варьирования для математического планирования лабораторно-полевых опытов

Для исследования эффективности воздействия на почву дискового рабочего органа изучали на различных глубинах обработки a следующие конструктивные и регулировочные параметры: радиус диска R , расстояние между дисками d , угол атаки дисков γ . В качестве критерия оптимизации была выбрана степень крошения почвы. Исходя из литературных источников, для аналогичных рабочих органов определены предварительные уровни и интервалы варьирования указанных факторов. С целью их уточнения были проведены однофакторные эксперименты по результатам которых получены параметры, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Интервалы варьирования параметров рабочего органа

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Максимальное значение	Интервал варьирования
Радиус диска R	м	0,20	0,30	0,05
Расстояние между дисками d	м	0,10	0,20	0,05
Угол наклона дисков γ	градус.	3	15	6
Глубина обработки a	м	0,06	0,08	0,01

Опыты по реализации плана для трех уровней обработки почвы проводились в трех кратной повторности на серой лесной почве в КФХ «Ганиев Ильянур Миннеракипович» Сабинского района Республики Татарстан в соответствии с методиками, изложенными выше.

3.4 Выбор факторов и интервалов их варьирования для математического планирования полевых опытов с парно-дисковой экспериментальной установкой

Для оптимизации параметров ротационного орудия в качестве факторов на глубинах обработки почвы 0,06 м, 0,07 м и 0,08 м изучали скорость его движения и угол отклонения изгиба оси φ . Критериями оптимизации были выбраны степень крошения почвы, гребнистость поверхности и тяговое сопротивление орудия.

Опыты по реализации плана для трех уровней обработки почвы проводили в трех кратной повторности на серой лесной почве в КФХ «Ганиев Ильянур Миннеракипович» Сабинского района Республики Татарстан в соответствии с методиками, изложенными выше.

Исследования агрофизических свойств почвы в лабораторно-полевых опытах по обоснованию конструктивно-технологической схемы и определению оптимальных параметров экспериментального дискового культиватора для мелкой обработки почвы проведены в соответствии с методиками, изложенными выше.

**ГЛАВА IV РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ РОТАЦИОННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО
ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
4.1 Оценка степени крошения почвы рабочим органом
ротационного орудия**

Экспериментальные исследования по оценке степени крошения почвы дисковым культиватором проведены на серой лесной почве в трех кратной повторности. Изучали влияние расстояния между дисками d , угла наклона дисков γ и радиуса диска R на степень крошения почвы[33]. На первом этапе исследований с целью уточнения уровней и интервалов варьирования факторов были проведены однофакторные эксперименты.

Опыты по реализации плана выполнены в соответствии с матрицей, представленной в таблице 4.1. Исходные данные для получения математических моделей на трех уровнях глубины обработки почвы (0,06 м; 0,07 м; 0,08 м) приведены в таблице 3.1.

Обработку экспериментальных данных по оценке степени крошения почвы в зависимости от конструктивных и регулировочных параметров рабочего органа дискового культиватора проводили с помощью программы Statistica 64.

В результате расчетов получены следующие уравнения регрессии, проверенные на адекватность по F - критерию Фишера (вероятность $p=0,95$):

для $a = 0,06$ м:

$$Y = 82,933 + 0,337X_1 + 0,575 X_2 + 1,362 X_3 + 0,575 X_1X_3 - 3,454 X_1^2 - 0,879 X_2^2 - 3,954 X_3^2 \quad (4.1)$$

для $a = 0,07$ м:

$$Y = 88,533 + 0,325X_1 + 0,825 X_2 + 2,35 X_3 + 0,55 X_1X_3 - 1,767 X_1^2 - 1,367 X_2^2 - 4,367 X_3^2 \quad (4.2)$$

для $a = 0,08$ м:

$$Y = 87,933 + 0,35X_1 + 0,575 X_2 + 1,375 X_3 + 0,6 X_1X_3 - 3,167 X_1^2 - 0,767 X_2^2 - 3,917 X_3^2 \quad (4.3)$$

Таблица 4.1 Результаты экспериментальных исследований степени крошения почвы в зависимости от конструктивных и регулировочных параметров дискового культиватора при различных глубинах обработки почвы

№ п/п	Расстояние между дисками d , м	Угол наклона к вертикали γ , град.	Радиус диска R , м	Размеры фракций почвы, %					Степень кро- шения, K , %
				<0,25	0,25-5	5-10	10-50	>50	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
при глубине обработки $a = 0,06$ м									
1	0,20	15	0,25	6,66	20,6	26,92	21,52	24,3	75,7
2	0,10	3	0,25	10,28	21,45	25,52	23,35	19,4	80,6
3	0,20	3	0,25	6,86	17,77	29,42	24,05	21,9	78,1
4	0,10	15	0,25	6,41	18,92	28,27	26,4	20,0	80,0
5	0,20	9	0,30	6,28	18,65	29,2	26,97	18,9	81,1
6	0,10	9	0,20	7,62	12,68	26,35	24,45	28,9	71,1
7	0,20	9	0,20	14,37	16,23	24,34	19,76	25,3	74,7
8	0,10	9	0,30	7,12	19,78	22,76	25,54	24,8	75,2
9	0,15	15	0,30	6,27	18,45	28,45	27,23	19,6	80,4
10	0,15	3	0,20	13,06	14,67	24,55	24,12	23,6	76,4
11	0,15	15	0,20	12,87	20,98	22,76	22,99	20,4	79,6
12	0,15	3	0,30	9,58	17,79	22,98	25,65	24,0	76,0
13	0,15	9	0,25	10,46	18,99	24,87	25,78	19,9	80,1
14	0,15	9	0,25	11,0	21,78	24,11	27,21	15,9	84,1
15	0,15	9	0,25	10,17	22,87	26,65	24,91	15,4	84,6
при глубине обработки $a = 0,07$ м									
1	0,20	15	0,25	10,17	22,23	28,99	21,11	17,5	82,5
2	0,10	3	0,25	14,87	24,65	27,66	20,22	12,6	87,4
3	0,20	3	0,25	9,71	26,34	28,98	19,87	15,1	84,9
4	0,10	15	0,25	9,27	24,78	26,99	25,76	13,2	86,8
5	0,20	9	0,30	9,36	26,21	30,21	22,12	12,1	87,9
6	0,10	9	0,20	8,33	18,56	29,44	21,67	22,0	78,0
7	0,20	9	0,20	8,98	19,76	28,98	23,88	18,4	81,6
8	0,10	9	0,30	8,1	26,11	26,58	21,31	17,9	82,1
9	0,15	15	0,30	7,13	20,98	29,32	29,87	12,7	87,3
10	0,15	3	0,20	8,99	20,01	30,87	18,43	21,7	78,3
11	0,15	15	0,20	7,31	21,98	31,45	22,36	16,9	83,1
12	0,15	3	0,30	10,17	22,67	27,68	21,98	17,5	82,5

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0,15	9	0,25	15,04	25,45	28,65	19,76	11,1	88,9
14	0,15	9	0,25	7,83	21,77	29,22	29,78	11,4	88,6
15	0,15	9	0,25	11,46	24,67	29,99	21,98	11,9	88,1
при глубине обработки $a = 0,08$ м									
1	0,20	15	0,25	8,31	17,22	30,12	25,45	18,9	81,1
2	0,10	3	0,25	10,45	20,56	28,67	26,32	14,0	86,0
3	0,20	3	0,25	8,07	22,33	29,12	23,98	16,5	83,5
4	0,10	15	0,25	11,68	20,72	26,78	26,22	14,6	85,4
5	0,20	9	0,30	8,95	18,88	31,22	27,45	13,5	86,5
6	0,10	9	0,20	7,2	17,99	29,34	21,87	23,6	76,4
7	0,20	9	0,20	7,83	17,87	27,98	26,32	20,0	80,0
8	0,10	9	0,30	5,64	20,01	31,98	22,87	19,5	80,5
9	0,15	15	0,30	11,59	19,23	29,43	25,45	14,3	85,7
10	0,15	3	0,20	12,26	15,98	28,9	24,56	18,3	81,7
11	0,15	15	0,20	5,84	22,76	31,03	24,97	15,4	84,6
12	0,15	3	0,30	6,23	15,99	30,02	28,76	19,0	81,0
13	0,15	9	0,25	5,34	25,11	26,99	27,66	14,9	85,1
14	0,15	9	0,25	11,45	24,32	28,67	24,66	10,9	89,1
15	0,15	9	0,25	7,86	21,22	32,76	27,76	10,4	89,6

Анализ математических моделей показывает, что наибольшее влияние на критерий оптимизации оказывает фактор X_3 – угол наклона γ диска относительно вертикальной оси. Коэффициент при этом факторе во всех моделях имеет максимальное значение. Далее по убыванию влияния на степень крошения почвы следует фактор X_2 – расстояние d между дисками. Наименьшее влияние на критерий оптимизации оказывает фактор X_1 – радиус диска R . Их ранжирование по результатам экспериментальных исследований подтвердило аналитические выкладки в второй главе работы.

Для анализа влияния факторов на критерий оптимизации и обоснования оптимального их значения рассмотрим уравнение регрессии для глубины обработки почвы 0,07 м. Она является наиболее распространенной при поверхностной обработке почвы. Графически уравнение регрессии (4.2) представлено на рисунке 4.1.

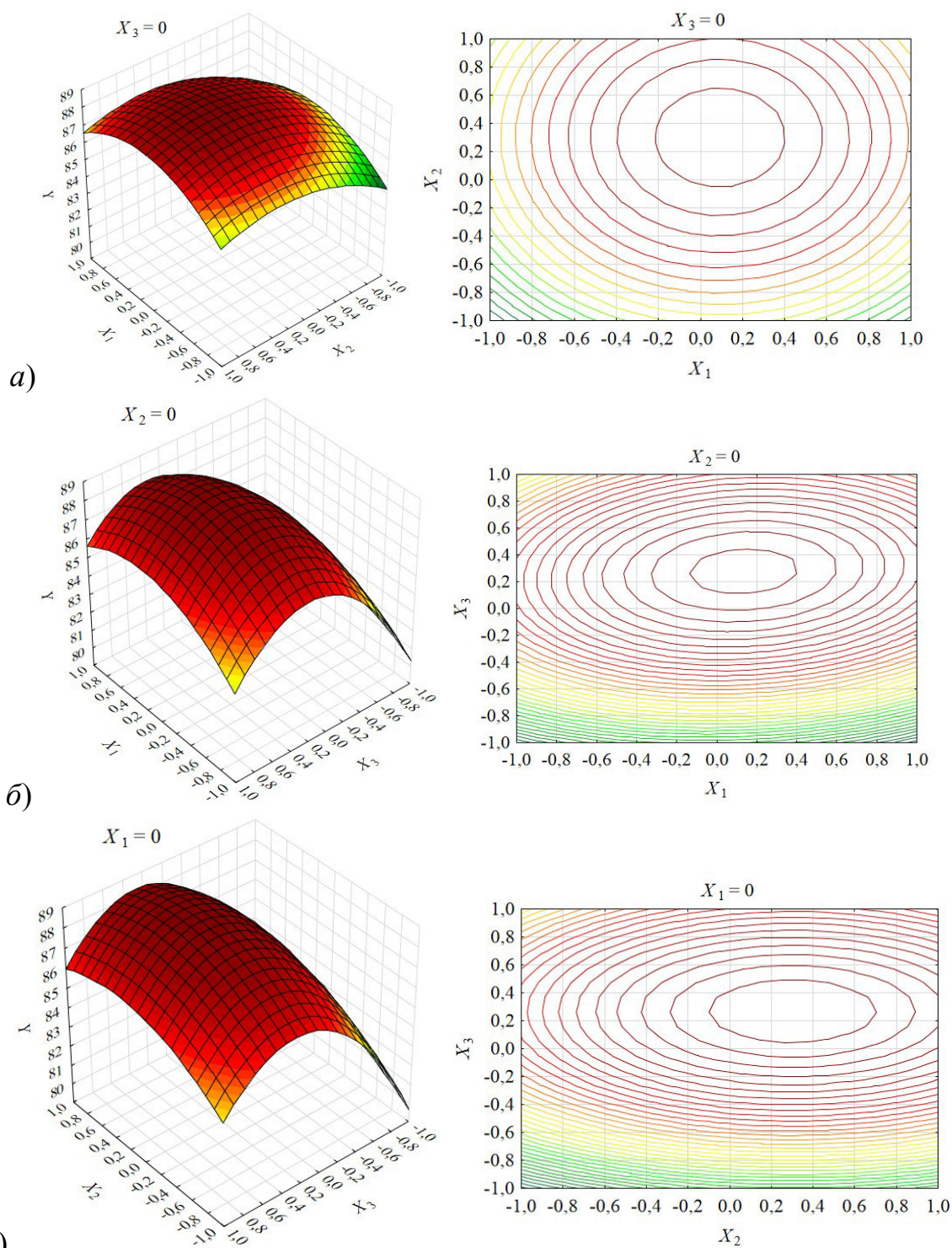


Рисунок 5.7 – Зависимость степени крошения почвы от радиуса диска R (X_1), расстояния d между дисками (X_2) и угла наклона γ диска (X_3)

Двумерное сечение поверхности отклика, описываемое уравнением 4.2, по факторам радиус диска (X_1) и расстояние между дисками (X_2) представлено на рис. 4.1 а. При фиксированном значении фактора X_3 - угла наклона γ диска на уровне 9° увеличение радиуса диска с 0,2 м до 0,25 м способствует повышению степени крошения почвы. Дальнейшее его возрастание снижает эффективность

обработки почвы. Увеличение расстояния между дисками с 0,10 м до 0,165 м также повышает степень крошения почвы. При больших значениях данного фактора его влияние на критерий оптимизации меняется на противоположное.

Двумерное сечение поверхности отклика по факторам радиус диска (X_1) и угол наклона диска (X_3) представлено на рис. 4.1 б. При фиксированном значении фактора X_2 – расстояния между дисками на уровне 0,15 м увеличение угла наклона диска с 3^0 до $10,8^0$ повышает степень крошения почвы, а при дальнейшем его увеличении наблюдается ее снижение. Влияние фактора X_1 – радиус диска на критерий оптимизации аналогично, как и на рисунке 4.1 а.

Двумерное сечение поверхности отклика по факторам: расстояние между дисками (X_2) и угол наклона диска (X_3) при фиксированном значении фактора X_1 – радиус диска на уровне 0,25 м представлено на рисунке 4.2 в. На нем влияние данных факторов на степень крошения почвы совпадает с анализом рисунков 4.2 а и 4.2 б.

Изменение фракционного состава почвы по данным таблицы 4.1 представляется возможным анализировать только для разных глубин обработки при фиксированных значениях факторов на среднем уровне. Так коэффициент структурности почвы, равный отношению массы агрономически наиболее ценных агрегатов к оставшейся почве для глубины обработки 0,06 м составил 0,66, а для уровней 0,07 м и 0,08 м соответственно 0,94 и 0,93. По этим данным видно, что наибольшее количество агрономически ценных агрегатов образуется в почве при работе культиватора с расположением рабочих органов на глубине 0,07, 0,08 м.

Помимо степени крошения почвы рабочими органами дискового культиватора анализировали профиль дна, образованный между дисками. По результатам теоретических исследований было выявлено, что при определенных параметрах установки дисковых рабочих органов между ними образуется выпуклый профиль поверхности дна в виде бугорка. Результаты лабораторно-полевых опытов подтвердили теоретические исследования. На рисунке 4.2 приведена фотография поверхности дна на глубине обработки 0,07

м после выемки почвы при следующих конструктивных и регулировочных параметрах: радиус дисков $R = 0,30$ м, расстояние между дисками $d = 0,15$ м и угол между дисками $\gamma = 3^\circ$. На рисунке виден выпуклый профиль дна борозды. Его высота для вышеприведенных параметров составила 25 мм. По твердости почвы бугорок значительно отличается от основного монолита. На фотографии видны крупные поры и трещины от воздействия рабочих органов, указывая на частично взрыхленную по структуре почву. Однако, в соответствии с требованиями на предпосевную обработку почвы [90] ее необходимо обрабатывать равномерно на заданную глубину. Отклонение средней глубины обработки почвы от заданной не должно превышать 0,01 м. Поэтому профиль дна борозды должен быть ровным. Установив диски радиусом $R = 0,30$ м, на расстояние $d = 0,10$ м и угол $\gamma = 12^\circ$ (значение параметров с наибольшим влиянием на критерий оптимизации), видим, что профиль дна получился ровным (рисунок 4.3) без явного проявления бугорка.



Рисунок 4.2 – Профиль дна на глубине обработки 0,07 м, образованный между дисками с радиусом 0,30 м при их установке на расстоянии $d = 0,20$ м и угле между дисками $\gamma = 3^\circ$



Рисунок 4.3 – Профиль дна на глубине обработки 0,07 м, образованный между дисками с радиусом 0,30 м при их установке на расстоянии $d = 0,10$ м и угле между дисками $\gamma = 12^\circ$

Тем не менее, эффект выпуклого профиля дна может быть использован для влагозадержания. При обработке почвы поперек склона бугорок будет препятствовать стоку влаги и одновременно обеспечит более высокую возможность для ее впитывания за счет разрыхленной почвы.

Обработка почвы рабочим органом при его настройке на оптимальные значения параметров парно-дискового орудия: $R = 0,30$ м; $d = 0,10$ м; $\gamma = 12^\circ$ позволила констатировать, что неровности дна не существенны. Их высота (Рисунок 4.3) не превышает 0,007 м.

Исследованиями, проведенными на почвах с разной плотностью, получены данные, позволяющие сделать заключение, что с увеличением плотности почвы степень крошения почвы возрастает, а профиль дна становится более ровным.

4.2 Результаты исследований по отделению частиц почвы от массива и их движению

По результатам теоретических исследований установлено, что отрыв пласта почвы от массива осуществляется. Однако в расчетах расстояние между дисками было задано равным 0,056 м. Поэтому возникла необходимость проверить отрыв пласта почвы экспериментальным путем при расстоянии между дисками, значительно большим принятого в теоретических расчетах. На рисунке 4.4 приведена фотография отрыва почвы от массива и его сход с дисков, установленных на расстоянии $d = 0,20$ м друг от друга. Видно, что при максимальном расстоянии между дисками рабочий орган обеспечивает отрыв пласта почвы и ее крошение. Степень крошения почвы в этом варианте опыта составила 87,9%. Сход почвы с дисков при их настройке на оптимальные значения параметров: $R = 0,30$ м; $d = 0,10$ м; $\gamma = 12^\circ$ представлен на рисунке 4.5. На нем также видно, что рабочие органы отрывают почву от массива и эффективно ее крошат в створе дисков.



Рисунок 4.4 – Сход почвы с дисков при расстоянии $d = 0,20$ м и скорости движения рабочего органа $v = 3$ м/с



Рисунок 4.5 – Сход почвы с дисков при расстоянии $d = 0,10$ м и скорости движения рабочего органа $v = 3$ м/с

Кроме вышесказанного, необходимо было обосновать предварительный интервал рабочей скорости дискового культиватора, так как она оказывает существенное влияние на движение почвы после ее отрыва от монолита.

На рисунке 4.6 приведены фотографии рабочего органа, движущегося со скоростями соответственно 2,5 м/с, 3,0 м/с, 3,5 м/с, 4,0 м/с, при настройке его дисков на оптимальные значения параметров: $R = 0,30$ м; $d = 0,10$ м; $\gamma = 12^\circ$. Установлено, что увеличение скорости движения рабочего органа с 3 м/с до 3,5 м/с не приводило к существенному изменению степени крошения почвы. Она находилась в интервале 88,1 – 88,9%. Дальнейшее увеличение скорости движения рабочего органа за счет возрастания окружной скорости дисков и, как результат, увеличение инерционной составляющей почвы при сходе увеличивали степень крошения почвы, преимущественно за счет фракции менее 5 мм. Почва излишне распылялась и разбрасывалась по сторонам. При скорости движения рабочего органа 4,0 м/с и более наблюдался переброс почвы, растительных остатков и сорняков вперед по ходу движения рабочего органа.

А так же при уменьшении скорости движения так же уменьшается скорость вращения дисков, что приводит к неполному очищению рабочих органов (рисунок 4.7).



а



б



в



г

Рисунок 4.6 – Сход почвы с дисков при движении рабочего органа со скоростями: *а* - при $v=2,5\text{ м/с}$; *б* - при $v=3,0\text{ м/с}$; *в* - при $v=3,5\text{ м/с}$; *г* - при $v=4,0\text{ м/с}$



а



б

Рисунок 4.7 – Очищение дисков в зависимости от скорости.

а) рабочий орган при $v=2,5\text{ м/с}$; б) рабочий орган при $v=3,0\text{ м/с}$ и выше.

Таким образом, можно предварительно предположить, что скорость движения ротационного орудия должна быть в интервале от 3 м/с до 3,5 м/с.

4.3 Результаты исследований по вычёсыванию сорных растений из почвы

Наряду с созданием мелко-комковатой структуры почвы парно-дисковое орудие предназначено для высококачественного удаления сорняков. Экспериментальные исследования по вычёсыванию сорных растений парно-дисковым орудием проведены на серой лесной почве.

В процентном соотношении состав сорной растительности на опытном поле был распределен следующим образом: осот полевой 43,7%, куриное просо 15,7%, марь белая 11,4%, ширица 9,1% и другие 20,1%. Учет сорняков, удаленных в результате обработки почвы дисковым культиватором, проводили через сутки в десятикратной повторности. Длина учетной площадки была один метр.

На рисунке 4.8 представлена фотография обработанной рабочим органом полосы поля, где сорные растения были вычёсаны и оказались в не благоприятных для прорастания условиях.



Рисунок 4.8 – Вычёсанные сорняки при движении рабочего органа со скоростью $v=3$ м/с

Разные виды сорняков из почвы удаляются по-разному. В основном это зависит от их корневой системы. Марь белая и ширица, имеющие прочную стержневую корневую систему, вытягиваются из почвы полностью и без остатков, которые бывают при подрезании сорняков режущими рабочими органами других орудий. Осот полевой вытягивается на длину, значительно превышающую глубину обработки почвы, нанося существенный ущерб оставшейся в почве корневой системе. Куриное просо с мочковатой корневой системой удаляется из почвы также полностью. Аналогичным образом вытягиваются из почвы и другие виды сорняков. Так же во время схода почвы с дисков, посредством зубьев, они выводятся из слоя почвы и оказываются в неблагоприятных условиях для прорастания. В целом по всем видам сорных растений необходимо отметить, что плотность их размещения на качество удаления не влияет.

4.4 Опыт по определению степени вычесывания сорняков из почвы

Исследования по определению вычесывания сорняков из почвы проведены с целью обоснования параметров рабочего органа ротационного орудия для поверхностной ее обработки [128]. Для опыта было выбрано поле сосветло-серой лесной почвой плотностью $1,13 \text{ г/см}^3$ и влажностью 19,3%. Наиболее распространенными и вредоносными сорняками в посевах сельскохозяйственных культур являются: Марь белая, Ширица, Куриное просо, Осот полевой. Они были выбраны в качестве объектов для исследования. Высота сорных растений находилась в интервале 0,15-0,25 м. Степень вычесывания сорняков из почвы измеряли путём ведения счёта вычесанных сорняков. Результаты опыта представлены в таблице 4.1. Из них следует, что в зависимости от вида сорняков степень вычесывания отличается. Это обусловлено разной корневой системой растений. Различия в усилии внутри вида зависели от фазы их развития (высоты). Поэтому варьирование этого параметра характеризуется средней и значительной изменчивостью.

Тереблению не поддаются корнеотпрысковые сорняки. Ограничивающим фактором для этого технологического приема является разрыв стебля. Однако в

нашем случае теребления в чистом виде не происходит. Удаление сорняков осуществляется путем выдавливания почвы из створа между дисками рабочих органов, установленных под углом α , а вместе с ней за счет предварительного обжатия происходит их удаление. Обжатие стебля и значительной части корня осуществляется на длине до 0,08м. Поэтому отрыв растений осота от корней происходит на глубине около 0,1 м, нанося значительный ущерб сорняку.

Таблица 5.4 – Характеристика усилия вытягивания сорняков из почвы, Н

Повторность	Марь белая	Ширица	Куриное просо	Осот полевой
1	17	36	32	96
2	19	42	40	88
3	21	55	54	55
4	20	37	45	63
5	22	56	37	68
6	26	50	46	82
7	18	55	31	100
8	23	42	41	73
9	16	44	51	70
10	19	68	50	53
$\bar{x}, H$	19,1	47,5	41,7	73,8
S^2	8,98	101,83	62,23	265,51
S	2,99	10,09	7,88	16,29
$V, \%$	15,69	21,24	18,92	22,08

Степень вычёсывание так же зависит от механического состава и влажности почвы. Исходя из этого, было установлено, что сорные растения более эффективно вычёсываются из почвы только при оптимальной влажности почвы 20-25%.

ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ

Экономическая эффективность использования новых почвообрабатывающих агрегатов

При внедрении новых почвообрабатывающих агрегатов в производство важно, наряду с обеспечением высоких количественных и качественных показателей их использования, достичь снижения затрат на единицу выполненной работы по сравнению с существующими машинами.

Для расчета технико-экономических показателей применения разработанного агрегата использовали результаты исследований его агротехнической эффективности и полевых испытаний, а экономическая оценка была выполнена в сравнении с современными агрегатами, предназначенными для выполнения аналогичных операций.

Технико-экономические показатели работы сравниваемых почвообрабатывающих агрегатов определяли согласно существующих методик и рекомендаций [131...135]. Исходные данные для расчета экономической эффективности агрегатов приведены в таблице 5.1

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений T_{ϕ} лет, рассчитывали по формуле [136]:

$$T_{\phi} = (B_{н} - B_{б}) / (I_{нб} - I_{нн}) \cdot B_{Г}, \quad (5.1)$$

где $B_{н}$, $B_{б}$ – стоимость, соответственно новой, и базовой техники, руб.;

$I_{нб}$, $I_{нн}$ – удельная себестоимость механизированных работ по базовой и новой технике, руб./га;

$B_{Г}$ – годовой объем работ по базовой и новой технике, руб./га.

Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений $T_{\phi а}$ лет, рассчитывали по формуле:

$$T_{\phi а} = B_{н} / (I_{нб} - I_{нн}) \cdot B_{Г}. \quad (5.2)$$

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета экономических показателей нового и базового почвообрабатывающего орудия

Показатели	Новый агрегат	Базовый агрегат
1	8	9
Технологическая операция	Предпосевная обработка	
Состав агрегата:		
Трактор	МТЗ-82	МТЗ-82
Орудие	АГ-2,1-20 +Парно-дисковое орудие	АГ-2,1-20 + РБ
Годовая зональная фактическая загрузка, ч		
Трактор	1595	1595
Орудие	190	190
Стоимость техники, руб.		
Трактор	1200000	1200000
Орудие	178000	162000
Количество обслуживающего персонала, чел.		
Трактор	1	1
Орудие	-	-
Производительность, га/ч:	1,89	1,89
Расход топлива, кг/га	6,5	6,4
Структура себестоимости механизированных работ, руб./га;	220,7	218,1

Продолжение таблицы 5.1

1	8	9
- зарплата	25,7	26,1
- ТСМ	195	192
- ремонт и техническое обслуживание, в том числе:	20,7	20,2
Трактор	13,6	13,2
Орудие	7,1	7
- амортизация, в том числе:	151,5	150,6
Трактор	106,9	106,2
Орудие	44,6	44,4
- издержки на охрану окружающей среды	12,9	12,6
- прочие затраты	-	-
Себестоимость, руб./га	405,8	401,5
Трактор	354,1	350,1
Орудие	51,7	51,4
Приведенные затраты, руб/га, в том числе:	403,54	393,4
Трактор	293,88	288,1
Орудие	109,66	105,3

Себестоимость механизированных работ I_n , руб./га, определяли по формуле:

$$I_n = Z + \Gamma + R + A + I_{np} + I_{\partial} + I_3 + I_{\text{эк}} + \Phi, \quad (5.3)$$

где Z – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб./га;

Γ – затраты на горюче-смазочные материалы, руб./га;

R – затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб./га;

A – отчисления на амортизацию, руб./га;

I_{np} – издержки от потерь продукции, технологических материалов, руб./га;

I_{∂} – издержки от повреждения продукта, руб./га;

I_3 – издержки от засоренности продукта, руб./га;

$I_{\text{эк}}$ – издержки на охрану окружающей среды, руб./га;

Φ – прочие прямые затраты на вспомогательные материалы, руб./га.

Для почвообрабатывающих машин:

$$I_n = Z + \Gamma + R + A + I_{\text{эк}}. \quad (5.4)$$

Затраты на оплату труда Z , руб./га, находили по формуле:

$$Z = \sum_{i=1}^n L_i \cdot \tau_i \cdot K_{ci} \cdot K_3 / W_{cmi}, \quad (5.5)$$

где L_i – количество обслуживающего персонала, чел;

τ_i – часовая оплата труда обслуживающего персонала, руб./чел.-ч;

K_{ci} – коэффициент сложности выполнения работ в зависимости от типа энергосредства на i -том виде работ;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату: налоговые отчисления в региональный бюджет, начисляемые от уровня часовой оплаты труда с

учетом коэффициента сложности (в отрасли растениеводства – 1,829) [181];

W_{cmi} – производительность агрегата за час сменного времени, га/ч.

Затраты средств на ТСМ и другие энергоресурсы Γ , руб/га:

$$\Gamma = q_T \cdot \Pi_T \cdot K_{mc}, \quad (5.6)$$

где q_T – удельный расход топлива, кг/га;

Π_T – стоимость одного килограмма топлива (без учета НДС), руб./кг;

K_{mc} – коэффициент материалов (отечественной техники и стран СНГ – 1,1; зарубежной – 1,25) [181].

Затраты на ремонт и техническое обслуживание в целом по агрегату R , руб/га, вычисляли по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i + \frac{S_m}{W_{cm}} \cdot T_i, \quad (5.7)$$

где N_i – количество отказов I, II, III групп сложности за годовую наработку, шт.;

C_i – нормативная стоимость устранения отказов I, II, III групп сложности, руб./отказ;

S_m – годовые затраты на проведение технического обслуживания с учетом стоимости материалов, руб.;

T_i – годовая зональная фактическая загрузка, ч,

$$T_i = D \cdot T_d \cdot K_{\text{экс}}, \quad (5.8)$$

где D – годовое количество дней использования техники;

T_d – продолжительность рабочего дня, ч;

$K_{\text{экс}}$ – коэффициент эксплуатационного времени.

Годовые затраты на проведения технического обслуживания S_m , руб., вычисляли по формуле:

$$S_m = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot S_i \cdot \tau_i \cdot K_3 \cdot K_M, \quad (5.9)$$

где Z_i — количество ежесменных технических обслуживаний за сезон:

$$Z_i = T_i / T_{\partial} \cdot K_{cm}, \quad (5.10)$$

где K_{cm} —коэффициент сменного времени;

S_i —трудоемкость одного технического обслуживания энергомашины, чел.-ч;

τ_i — часовая оплата труда механизатора при проведении технического обслуживания, руб/чел.-ч;

$K_M = 1,35$ —коэффициент учета стоимости материалов, используемых при техническом обслуживании.

Отчисления на амортизацию A , руб/га наработки вычисляли с использованием линейного метода по формуле:

$$A = B_i \cdot \frac{a_i}{W_{\varepsilon ki}} \cdot T_i, \quad (5.11)$$

где B_i — стоимость техники, руб.;

a_i —фактический коэффициент отчислений на амортизацию; $a_i = \frac{1}{T_{ce}}$;

$W_{\varepsilon ki}$ —производительность за 1 час эксплуатационного времени, га/ч;

T_i — срок владения техникой, лет.

Издержки на охрану окружающей среды, связанные с сжиганием топлива, ветоши, $I_{\varepsilon k}$, руб/га:

$$I_{\varepsilon k} = (q_T + q_M + q_B) \cdot H_{\varepsilon k}, \quad (5.12)$$

где q_M —количество сожженного моторного масла кг/га: $q_M = q_T \cdot 0,05$;

q_B – количество сожженной ветоши, кг/га, $q_B = q_T \cdot 0,01$;

$H_{\text{эк}}$ – норматив затрат на охрану окружающей среды, руб./кг.

Трудоемкость выполнения механизированных работ Z_T , чел-ч/га рассчитывали по формуле:

$$Z_T = \frac{L}{W_{\text{см}}}, \quad (5.13)$$

где L – количество производственного персонала, чел.

Годовую экономию Δ_c руб., определяли по формуле:

$$\Delta_c = (I_{\text{пб}} - I_{\text{нн}}) \cdot V_3. \quad (5.14)$$

Годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации новой техники Δ_r руб., находили по формуле:

$$\Delta_r = (P_6 - P_n) \cdot V_3, \quad (5.15)$$

где P_6, P_n – приведенные затраты по базовой и новой технике, руб./га (определяют по ГОСТ - 23729).

Коэффициент эффективности снижения себестоимости механизированных работ по новой технике P , % определяли по формуле:

$$P = \Delta_c \cdot 100 / I_{\text{пб}} \cdot V_3, \quad (5.16)$$

Годовую экономию затрат труда при эксплуатации новой техники Z_{mz} чел-ч, рассчитывали по формуле:

$$Z_{\text{тг}} = (Z_{\text{тб}} - Z_{\text{тн}}) \cdot V_3. \quad (5.17)$$

где $Z_{\text{тб}}, Z_{\text{тн}}$ – трудоемкость выполнения механизированных работ по базовой и новой технике, чел-ч/га.

Зональную годовую наработку новой техники V_3 , га, определяли по формуле:

$$V_3 = W_{\text{эк}} \cdot T, \quad (5.18)$$

где $W_{эк}$ – производительность эксплуатационного времени, га/ч;

T – зональная нормативная загрузка, ч.

Капитализированную стоимость новой специализированной техники $Ц_{л}$, руб., вычисляли по формуле:

$$Ц_{л} = (\mathcal{E}_Г/a_n + E_H) + Б_H, \quad (5.19)$$

где a_n – коэффициент отчислений на амортизацию по новой технике.

Степень изменения затрат при эксплуатации новой техники в сравнении с базовой, C , %, рассчитывали по формуле:

$$C = (Z'_{гб} - Z'_{гн}) \cdot 100/Z'_{гб}, \quad (5.20)$$

где $Z'_{гб} - Z'_{гн}$ – трудоемкость выполнения механизированных работ, себестоимость механизированных работ, рассчитанные на сопоставимый годовой объем работ в сравнении с базовой техникой и нормативными показателями, чел-ч; руб.

Показатели сравнительной экономической эффективности разработанных почвообрабатывающих агрегатов представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.3 – Показатели сравнительной экономической эффективности нового
и базового почвообрабатывающих орудий

Наименование показателя	Предпосевная обработка		
	Базовый	Новый	Степень снижения затрат, %
Себестоимость механизированных работ, руб/га	401,5	405,8	-1,05
Годовая экономия, руб.	-	-1372,5	-
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	-	-3641,3	-
Капитализированная стоимость новой техники руб.	-	175114,2	-
Стоимость техники (по данным завода- изготовителя)руб.	162000	178000	-9,87

Анализ расчетных показателей экономической эффективности использования новых почвообрабатывающих орудий показал:

- использование агрегата для предпосевной обработки почвы АГ-2,1-20 с порно-дисковой бороны по сравнению с АГ-2,1-20 с собственной бороной не обеспечило снижения себестоимости механизированных работ. Они незначительно возросли на 1,25 % по сравнению с прототипом, в связи с увеличением металлоемкости. Поэтому годового приведенного экономического эффекта, рассчитанного по вышеуказанным методикам, не выявлено. Однако необходимо иметь ввиду, что расчет экономических показателей проводился без учета прибавки урожая, связанной с более высоким качеством обработки почвы опытным агрегатом. Так же можно увеличить экономические показатели этой бороны, учитывая возможности сокращения химической обработки против сорняков, из-за лучшего вычёсывания сорных растений.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе анализа существующих конструкций отечественных и зарубежных почвообрабатывающих орудий разработан ротационный парно-дисковый рабочий орган и конструктивно - технологическая схема почвообрабатывающего орудия.

2. Обоснованы основные технологические параметры рабочих органов – угол атаки угол наклона дисков $\gamma = 9^\circ$, диаметр дисков $R = 20$ см, расстояние между дисками 15 см. Расстояние между диском и концом зубьев 7 см., оптимальная скорость обработки в интервале 3 – 3,5 м/с².

3. Годового приведенного экономического эффекта, рассчитанного по вышеуказанным методикам, не выявлено. Однако необходимо иметь в виду, что расчет экономических показателей проводился без учета прибавки урожая, связанной с более высоким качеством обработки почвы опытным агрегатом. Так же можно отнести к экономическим показателям этой бороны, возможность сокращения химической обработки против сорняков, из-за лучшего вычёсывания сорных растений.

Список использованной литературы

1. Долотин, И.И. Проблемы системы обработки почв в Татарстане / И.И. Долотин. – Казань: Матбугатйорты. – 2008. – 172 с.
2. Кирюшин, В.И. Агроэкологическая оценка земель и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.:ФГНУ «Росинформагротех». – 2005. – 784 с.
3. Нукрет, Л.В. Обработка почвы: проблемы, приоритеты, решения / Л.В. Нукрет, М.А. Кадыров. - [Электронный ресурс]: <http://agriculture.by> (дата обращения 09.02.2014).
4. Правила проведения работ при обработке почв и посеве зерновых культур в условиях Сибири: рекомендации. ГНУ СибИМЭ. – Новосибирск. – 2004. – 90 с.
5. Минимализация обработки почвы. [Электронный ресурс]: <http://www.agronomic.ru> (дата обращения 09.02.2014).
6. Немцев, Н.С. Научно-практические основы систем обработки почвы в Среднем Поволжье // Н.С. Немцев. – Ульяновск, 2000. – 150 с.
7. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие /А.И. Бараева. – М.: Колос. – 1975. – 304 с.
8. Карпович, К.И. Совершенствование почвозащитных систем обработки почвы в основных типах агроландшафта черноземной лесостепи Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Кинель. – 1999. – 40 с.
9. Каштанов, А.Н.Почвоохранное земледелие // А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский. – М.: Россельхозиздат. – 1984. – 462 с.
10. Кормщиков, А.Д. Механизация обработки почвы на склонах // А.Д. Кормщиков. – Чебоксары: Чувашское кн. изд-во. – 1981. – 128 с.
11. Разработка наукоемких ресурсосберегающих технологий и технических средств обработки почвы при возделывании зерновых колосовых и зернобобовых культур в условиях засушливого климата [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Казанский ГАУ; рук. Матяшин Ю.И.; исполн.: Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., [и др.] – г.Казань. – 2012. – 102 с. – ВНИТИЦ, № 01201200041.

12. Шабает, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья // А.И. Шабает– Саратов: Саратовский ГАУ. – 2003. – 320 с.
13. Тулайков, Н.М. Избранные труды // Н.М. Тулайков – М.: Россельхозакадемия. – 2000. – 628 с.
14. Кирюшин, В.И. Минимализация обработки почвы: итоги дискуссии / В.И. Кирюшин. // Земледелие. – 2007. – №4. – С. 28-30.
15. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное земледелие // Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикла, А.Г. Тарарика. – Киев: Урожай. – 1983. – 240 с.
16. Валиев, А.Р. Нулевая обработка почвы в Предкамье / Р.В. Миникаев, А.Р. Валиев, Г.С. Сайфиева и др. // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С.24-25.
17. Бурченко, П.Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения / П.Н. Бурченко. – М.: ВИМ. – 2002. – 212 с.
18. Бурченко, П.Н. Принципы создания комбинированных агрегатов для возделывания сельскохозяйственных культур на базе пассивных рабочих органов / П.Н. Бурченко // Труды ВИМ. – Т. 63. – М.: ВИМ. – 1973. – С. 134-157.
19. Зволинский, В.Н. Комбинированные орудия на базе фронтальных дисковых борон / В.Н. Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №10. – С. 5-11.
20. Коробова, Л.И. Разноглубинная обработка почвы в севооборотах / Л.И. Коробова // Земледелие. –1981. – №4. – С. 34-36.
21. Мишин, П.В. Пути повышения эффективности функционирования почвообрабатывающих агрегатов / П.В. Мишин, Е.А. Максимов, И.А. Драндов // Экология и сельскохозяйственная техника. – Чебоксары: ЧГСХА, 2005. – С. 76-79.
22. Провести исследования и усовершенствовать комбинированные почвообрабатывающие орудия для возделывания сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям с минимальной обработкой почвы [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Казанский ГАУ; рук. Матяшин Ю.И.; исполн.:

Валиев А.Р., Макаров П.И., Зиганшин Б.Г. [и др.] – г.Казань. – 2011. – 123 с. – ВНИТИЦ, № 01201100074.

23. Акимов, А.П. Оптимизация параметров и режимов функционирования дисков почвообрабатывающих машин и орудий // А.П. Акимов, Ю.В. Константинов. – Чебоксары: Изд-во Чувашской ГСХА, 2017. – 136 с.

24. Танский, В.И. Влияние способов обработки почвы на развитие вредных организмов / В.И. Танский // Вестник защиты растений. – 2007. – №3. – С. 14-22.

25. Вронских, М.Д. Технологии возделывания полевых культур и развитие вредителей и болезней // М.Д. Вронских. – Кишинев: Pentos. – 2005. – 290 с.

26. Чулкина, В.А. Агротехнический метод защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Ю.И. Чулкин, Г.Я. Стецов. – М.: ЮКЭА. – 2000. – 335 с.

27. Канарев, Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия // Ф.М. Канарев – М.: Машиностроение. – 1983. – 142 с.

28. Захаренко, А.В. Действие разных систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на сорный компонент агрофитоценоза и урожайность полевых культур / А.В. Захаренко // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов с.-х. культур от сорной растительности. – Пущино, 1995. – С. 51-55.

29. Максимов, И.И. Практические результаты влияния мульчирования на твердость и энергоемкость обработки почв / И.И. Максимов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции с/х: Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции Вып. 12. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010, с. 223-225

30. Орлова, Л.В. Быть или не быть ресурсосберегающим технологиям в России? / Л.В. Орлова // Земледелие, 2007. – № 2. – С. 18–19.

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

32. Чернявский, А.А. Средства интенсификации и обработка почвы / А.А. Чернявский // Земледелие, № 3, 1992. – С. 22...23.

33. Srivastava, A.K. Engineering principles of agricultural machines / A.K. Srivastava, C.E. Georing, R.P. Rohrbach. – 2nd Edn., Michigan: St. Joseph Press, – 2006. –436 pp.
34. Topakci, M. Stress analysis on transmission gears of a rotary tiller using finite element method / M. Topakci, H.K. Celik, D. Yilmaz // Akendiz Ünivresitesi Ziraat Fakultesi Dergisi. – 2008. – № 21(2). – pp. 155-160.
35. Шабаев, А.И. Особенности технологий в Поволжье / А.И. Шабаев, Т.В. Демьянов // Земледелие, № 3, 1984. – С. 38...39.
36. Кирюшин, В. И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия [Текст] / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – №5. – С. 12–14.
37. Дринча, В.М. Развитие агроинженерной науки и перспективы агротехнологий / В.М. Дринча –М.: ВИМ, 2002.– 184 с.
38. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие / В.А.Заленский, Я.У. Яроцкий. – Мн.: Беларусь, 2004. – 542 с.
39. Спирин, А.П. Мульчирующая обработка почвы / А.П. Спирин // ВИМ, М.: 2001. С. 141–147.
40. Дринча, В.М. Агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий: Монография. / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачев // Волгоград: Перемена, – 2004. – 146 с.
41. Агроэкологические принципы земледелия /РАСХН. М.: Колос, 1993. – 264 с.
42. Воробьёв, С.А. Земледелие / С.А. Воробьёв, А.Н. Каштанов, А.М. Лыков, И.П. Макаров М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с.
43. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев // М.: ИК Родник, 1998. – 208 с.
44. Саакян, Д.Н. Контроль качества механизированных работ в полеводстве / Д.Н. Саакян // М.: Колос, 1973. – 264 с.

45. Кирюшин, В.И. Проблема минимализации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В.И. Кирюшин // Земледелие. - 2013. - №7. -С.3-6.

46. Жук, А.Ф. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы: научно-аналитический обзор / А.Ф. Жук, Е.Л. Ревякин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 156 с.

47. 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.

48. 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, С. 6–7.

49. Шелфраст, В.В. Основы проектирования машин / В.В. Шелфраст. – М.: Изд-во АПМ, 2000. 472 с.

50. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н.Карпенко, А.А.Зеленев, В.М. Халанский // – М.: Колос, 1975. – 510 с.

51. Панов, И.М. Панов А.И. Современные тенденции развития техники для обработки почвы / И.М. Панов, А.И. Панов // Тракторы и сельскохозяйственные машин. № 5, 1998. – С. 32...36

52. Андреева, Е.В. Разработка ресурсосберегающих комбинированных орудий для поверхностной обработки почвы / Е.В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал, 2011. № 2. – 519 с.

53. Бурченко, П.Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения / П.Н. Бурченко // М.: ВИМ, 2002. – 212 с.

54. Гайфуллин, Г.З. Механико-технологические основы разработки и совершенствования рабочих органов машин для почвозащитного земледелия. Автореферат дис.докт.техн.наук. – Челябинск, 2003. – 40 с.

55. Желиговский, В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии с.-х. материалов / В.А. Желиговский // – Тбилиси: Изд. Грузинского СХИ, 1960. – 146 с.

56. Инаекян, С.А. Научные основы повышения эффективности почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы. (Монография).–М.: ВИСХОМ, 1992.–115 с.

57. Канарев, Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.

58. Козырев, Б. М. Разработка и совершенствование ротационных рабочих органов машин для поверхностной обработки почвы: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн.наук: 05.20.01. – М., 1999. – 25 с.

59. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.Н. Горбачев. – М.: Колос, 2006. – 624с.

60. Карпенко, А. Н. Сельскохозяйственные машины / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский // М. : Колос, 1983. – 495 с.

61. Юнусов, Г.С. Комбинированный агрегат для поверхностной обработки почвы: монография / Г.С. Юнусов, Ю.А. Кропотов. – Йошкар-Ола: Марийс. Гос. Ун-т, 2014. – 151 с.

62. Юнусов, Г.С. Машины для поверхностной обработки почвы под посев сельскохозяйственных культур / Юнусов Г.С., Майоров А.В., Попов И.И., Кропотов Ю.А. // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – Киров, 2012. С. 50-55.

63. Булгариев, Г.Г. Разработка и обоснование параметров рабочих органов машины для поверхностной обработки почвы: Автореф. дис. к.т.н.: 05.20.01. Г.Г.Булгариев. -Казань, 1997.

64. Патент № 103267 РФ, МПК А01В 39/20. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы / Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев, Ф.Ф. Ибляминов.; – заяв. 21.10.2010; опубл.10.04.11, Бюл. №10.

65. Патент № 2395184 РФ, МПК А01В 35/20. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы / Пикмуллин Г.В., Булгариев Г.Г.; – заявл. 31.12.2008; опубл. 27.07.2000, Бюл. № 21.

66. Протокол испытаний № 11–28–10 (1020152) от 12 ноября 2010 года. / ФГБУ "Северо–Кавказская МИС", 2011–2012

67. Яруллин, Ф.Ф. Комбинированное орудие для поверхностной мульчирующей обработки почвы с ротационными коническими рабочими органами / Ф.Ф. Яруллин, А.Р. Валиев // Материалы Всероссийской научно–практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса».– Казань: изд–во Казанского ГАУ, 2010. – Т 77. – Часть 2. – С. 308–312

68. Абдрахманов, Р.К. Машины и орудия для междурядной обработки почвы. (Конструкция, теория, расчет, эксплуатация) / Р.К. Абдрахманов // Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2001. – 147 с.

69. Валиев, А.Р. Совершенствование бесприводных ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы / А.Р. Валиев, Ю.И. Матяшин, Л.Ф. Сиразиев, К.В. Федулкина // Вестник Казанского ГАУ, 2012. – № 1 (23). – С. 93–97.

70. Давлетшин, М.М. Защита почвы от эрозии и современные почвообрабатывающие машины в системе адаптивно-ландшафтного земледелия Башкортостана / М.М. Давлетшин, М.Г. Сираев, Р.С. Рахимов и др. // БГАУ.– Уфа, 2002. – 85 с.

71. Кормщиков, А.Д. Техника и технология для склоновых земель. Теория, технологический расчет, развитие / А.Д. Кормщиков // Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 298 с.

72. Лобачевский, Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я.П. Лобачевский, Л.М. Колчина // М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 116 с.

73. Мазитов, Н.К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины / Н.К. Мазитов // – Казань, 2003. – 456с.

74. Матяшин, Ю.И. Ротационные почвообрабатывающие машины: теория расчет, эксплуатация / Ю.И. Матяшин, Н.Ю. Матяшин – Казань: Изд–во Казанского ГАУ, 2008. – 204 с.

75. Матяшин, Ю.И. Технические средства для инновационных технологий растениеводства / Ю.И. Матяшин, Б.Г. Зиганшин, А.В. Матяшин, и др. // Издательство Казанского ГАУ, 2009. – С. 18–24.

76. Матяшин, Ю.И. Техническое обеспечение инновационных технологий в растениеводстве / Ю.И. Матяшин, Б.Г. Зиганшин, А.Р. Валиев и др. Под ред. Д.И. Файзрахманова. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2009. – 220 с.

77. Мударисов, С.Г. Моделирование процесса взаимодействия рабочих органов с почвой / С.Г. Мударисов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2005. №7.– С.27–30.

78. Мударисов, С.Г. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса. Дис. докт. техн. наук. Челябинск, 2007 — 360 с.

79. Нартов, П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: Изд-во Воронеж, ун-та, 1972. – 185 с

80. Панов, И.М. Совершенствование почвообрабатывающей техники для перспективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / И.М. Панов // Тракторы и сельхозмашины, 1985. – №4. С.12–15.

81. Рахимов, Р. С. Повышение эффективности технологического процесса работы противэрозионных почвообрабатывающих машин: дисс. докт. техн. наук. Челябинск, 1990. – 434 с.

82. Синеоков, Г.Н. Дисковые органы почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машгиз, 1949.–86 с.

83. Яцук, Е.П. Ротационные почвообрабатывающие машины / Е.П. Яцук, И.М. Панов, Д.Н. Ефимов. – М.: Машиностроение, 1971. – 255 с.

84. Панов, И.М. Физические основы механики почв / И.М. Панов, В.И. Ветохин. – К.: Феникс, 2008. – 266 с.

85. Яруллин, Ф.Ф. Классификация ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин / Ф.Ф. Яруллин, А.Р. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы / Труды международной

научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2015. – С. 131-137.

86. Ветохин, В.И. Модель крошения почвы под действием клина / В.И. Ветохин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1994. №10. С.25–27.

87. Гайнанов, Х.С. Почвообрабатывающее орудие / Х.С. Гайнанов, Е.В. Ермолко, Г.Г. Булгариев и др. // А.С. №1586541. – Оpub. в Б.И., 1990. – №31.

88. Жук, А.Ф. Почвовлагосберегающие технологии и комбинированные машины / А.Ф. Жук, А.П. Спирин, В.В. Покровский. – М.: ВИМ, 2001. – 91 с.

89. Колипко, В.П. Эффективные агротехнологии и серийные машины / В.П. Колипко // Техника и оборудование для села, 2006. №10, – С. 21–24.

90. Спирин, А.П. Энергосберегающие приемы безотвальной обработки почвы / А.П. Спирин // Техника в сельском хозяйстве, № 4, 1998. – С. 20...23.

91. Спирин, И.А. Сельскохозяйственная техника и технологии / И.А. Спирин, А.Н.Орлов. В.В. Ляшенко и др. // под ред И.А. Спицина. – М.6 Колос, 2006.–647 с.

92. Макаров, П.И. Технологии и техника для гладкой вспашки почв / П.И. Макаров. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2000. – 287 с.

93. Патент № 2157604 РФ, МПК А01В 79/00, 5/14. Способ гладкой вспашки склонов и устройство для его осуществления / Макаров П.И., Гайнанов Х.С., Миннибаев Р.Н., Алметов С.Н., Гайнанов И.Н.; – заявл. 30.12.1999; опубл. 20.10.2000, Бюл. № 12.

94. Патент № 2160979 РФ, МПК 7 А01В 5/14. Способ вспашки почвы широкозахватным пахотным агрегатом и поворотный плуг для его осуществления / Макаров П.И., Гайнанов Х.С., Миннибаев Р.Н., Алметов С.Н., Мухаметшин С.И.; – заявл. 31.01.2000; Опубл. 27.12.2000, Бюл. № 11.

95. Патент № 2400035 РФ, МПК 7 А 01 В 35/16. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И., Сафиуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2009111149/21; заявл. 26.03.2009; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 27.

96. Патент № 2433582 РФ, МПК 7 А 01 В 15/16, 23/06. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2010112133/21; заявл. 29.03.2010; опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32.

97. Патент № 2442304 РФ, МПК 7 А 01 В 79/02. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., 131 Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2010122370/13; заявл. 01.06.2010; опубл. 20.02.2012, Бюл. № 5.

98. Патент № 98857 РФ, МПК 7 А 01 В 49/00. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2010123389/21; заявл. 08.06.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.

99. Валиев, А.Р. Ротационный лушитель для мульчирующей обработки почвы / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса». – Казань: изд-во Казанского ГАУ, 2009. – Т 76. – Часть 2. – С. 193–196.

100. Патент №2520124 РФ, МПК 7А01В21/08. Ротационное орудие для поверхностной обработки почвы / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Р.В. Миникаев, А.Р. Хуснутдинов, Р.М. Низамов, Л.М. Хидиятов. – Заявлено 26.11.2012. Опубл. 20.06.2014.

101. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

102. Гайнанов, Х.С. Регулировка и настройка машин к полевым работам / Х.С. Гайнанов, Г.Ф. Ярославлев, П.И. Макаров // Казань, 1997. – 240 с.

103. Клёнин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Н.И. Клёнин, В.А. Сакун // М.: Колос, 1994 – 751 с.

104. Панов, И.М. Особенности кинематики рабочих органов вертикально-роторных почвообрабатывающих машин / И.М. Панов, С.А. Инаекян // Труды ВИМ. Т.88. – М., 1980. – С. 45...57.

105. Панов, И.М. Тенденции развития комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин и агрегатов / И.М. Панов, А.М. Султанов, А.В. Соколов – М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1975. – 54 с.
106. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков // М.: Машиностроение, 1965. – 311 с.
107. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
108. Тимошенко, Г.Д. К обоснованию расстановки рабочих органов в комбинированной машин. Совершенствование технологических процессов совмещения обработки почвы и посева/ Г.Д. Тимошенко // – М.: 1983, т. 99. – С. 21...25.
109. Юнусов, Г.С. Технологии и технические средства поверхностной обработки почвы: Научное издание / Мар. гос. ун-т; / Г.С. Юнусов. – Йошкар-Ола, 2006. – 328 с.
110. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев // Учебное пособие. 3-е изд. перераб. и доп. – Ленинград: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1955. – 764 с.
111. Патент № 84179 РФ, МПК А01В 79/00. Лушитель ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И., Сафиуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2009110704/22; заявл. 24.03.2009; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19.
112. Патент № 96313 РФ, МПК 7 А01В 79/00. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – № 2010110752/22; заявл. 22.03.2010; опубл. 27.07.2010, Бюл. № 21.
113. Горячкин, В.П. Собрание сочинений [Текст] / В.П. Горячкин // Том 1. – М.: Колос, 1968. – 720 с.
114. Горячкин, В.П. Собрание сочинений [Текст] / В.П. Горячкин // Том 2. – М.: Колос, 1968. – 480 с.

115. Горячкин, В.П. Собрание сочинений [Текст] / В.П. Горячкин // Том 3. – М.: Колос, 1968. – 360 с.
116. Щучкин, Н.В. Лемешные плуги и лушильники / Н.В. Щучкин. – М.: Машгиз, 1952. – 96 с.
117. Матяшин, Ю.И. Теория и расчет ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матяшин, И.М. Гринчук, Л.Г. Наумов, Н.Ю. Матяшин – Казань: Таткнигоиздат, 1999. – 186 с.
118. Козырев, Б. М. Почвообрабатывающие машины с коноидальными ротационными рабочими органами [Текст]: монография / Б.М.Козырев. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 328 с.
119. Мазитов, Н.К. Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты / Н.К. Мазитов //– Казань, 1984. – 141с.
120. Мазитов, Н.К. Ресурсосберегающая технология предпосевной обработки почвы и посева / Н.К. Мазитов // Земледелие, 2005. №4, С. 36–37.
121. Мазитов, Н.К. Современная энерго-ресурсосберегающая технология обработки почвы и посева / Н.К. Мазитов, Р.С. Рахимов // Достижения науки – агропромышленному производству: Материалы юбил. XIV междунар. науч.-техн. Конф. ЧЗ - Челябинск: ЧГАУ2006С1721.
122. 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.
123. Максимов, И.И. Энергетическая оценка механического воздействия на почву почвообрабатывающих машин и орудий / И.И. Максимов // Аграрная наука Евро-128 северо-востока №3 (28)2012
124. Патент № 128060РФ. Ротационное орудие для поверхностной обработки почвы / Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Миникаев Р.В. и др.; Заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. Заявл.22.11.2012. Опубл. 20.05.2013. Бюл. № 14.
125. Валиев, А.Р. Исследование процесса движения почвы по рабочей поверхности дискового культиватора / А.Р. Валиев // Вестник Казанского ГАУ. – 2017. – № 3. – С.72-75.

126. Валиев А. Р. Повышение эффективности обработки почвы в условиях среднего Поволжья путем совершенствования машин с ротационными рабочими органами.: дис. ... докт. техн. наук Казань – 2018 – 360 с.

127. Яруллин Ф. Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы.: дис. ... канд. техн. наук Казань – 2015 – 136 с.

128. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан [Электронный ресурс] Казань 2019 URL: <http://agro.tatarstan.ru> (Дата обращения 25.05.19).

129. Валиев, А.Р. Направления совершенствования почвосберегающих технологий и технических средств обработки почвы / А.Р. Валиев // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: материалы научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2016. – С. 154-160.

130. Габдрахманов, И.Х. Система земледелия Республики Татарстан. Инновации на базе традиций. Ч.1. Общие аспекты системы земледелия / И.Х. Габдрахманов, Д.И. Файзрахманов, А.Р. Валиев, Р.И. Сафин и др. - Казань: Центр инновационных технологий. - 2013. – 168 с.

131. Валиев, А.Р. Техническое обеспечение системы земледелия Республики Татарстан: современное состояние и направления развития / А.Р. Валиев, Р.И. Сафин, Н.И. Семушкин, Б.Г.Зиганшин // Вестник Казанского ГАУ. – 2012. – № 4 (26). – С 65-70.

132. ОСТ 10218-2001. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. – М.: Минсельхоз России. – 2001. – 36 с.

133. ОСТ 70.2.15-73. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Союзсельхозтехника, 1974. – 24 с.

134. ОСТ 70.2.18-73, ОСТ 70.2.20-73. Испытания сельскохозяйственной техники: Методы экономической оценки. – М.: Союзсельхозтехника. – 1974. – 77 с.

135. ОСТ 70.2.2-73. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. – М.: Союзсельхозтехника. – 1974. – 23 с

136. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М.: МСХ РФ. – 1998. – 219 с.