

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»

Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия

Магистерская программа – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

**ТЕМА: Обоснование конструктивных параметров и разработка  
ротационного рабочего органа к пропашному культиватору**

Студент магистратуры \_\_\_\_\_ Мейзер А.В.

Научный руководитель,  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Матяшин А.В.

Рецензент  
д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ Нуруллин Э.Г.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.

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

Казань – 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей агропромышленного комплекса является обеспечение потребности населения качественной, достаточной по объёму и ассортименту продукцией. При этом должны выполняться требования экологической безопасности, а так же соблюдаться агротехнические приёмы. Сельскохозяйственные культуры возделываются по технологическим картам, разработанными для определённых климатических условий, в которых указывается комплекс рекомендуемых машин и агротехнические требования.

В настоящее время существуют различные способы обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных растений. Однако, не все из них отвечают в полной мере требованиям получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур при минимальных энергозатратах.

Необходимым условием повышения эффективности сельскохозяйственного производства, зависящего от роста урожайности культур, уменьшения энергозатрат и себестоимости получаемой продукции, является применение научно обоснованных систем обработки почвы. Использование однооперационных орудий и машин при их многократных проходах является причиной снижения естественного плодородия почвы, переуплотнение пахотного горизонта за счёт многократного прохода орудий, что приводит к существенному изменению её агрофизических свойств и нарушает ход биологических процессов. Снизить негативное влияние на почву позволяет научно-обоснованная обработка, при которой применение комбинированных орудий позволяет увеличить количество выполняемых операций за один проход агрегата. При возделывании пропашных сельскохозяйственных культур при выполнении междурядной обработки необходимо решать следующие задачи:

1. Сохранение и накопление влаги в почве.
2. Создание рыхлого верхнего слоя, уменьшение газообмена.

3. Уничтожение сорной растительности.

4. Уменьшение ширины защитной зоны

В связи с этим целью исследования является обоснование основных параметров и режимов работы бесприводного ротационного рабочего органа к пропашному культиватору

Объектом исследования является технологический процесс междурядной обработки почвы пропашных культур почвообрабатывающим адаптером с бесприводным ротационным рабочим органом.

Так же для получения экологической продукции важное значение приобретает междурядная обработка, так как она позволяет значительно уменьшить применение химических препаратов в борьбе с сорняками, одновременно она способствует улучшению воздушного, водного, теплового и питательного режимов почвы, в результате воздействия создаются благоприятные условия для роста и развития возделываемой культуры.

В связи с этим разработка конструктивно-технологической схемы адаптера с бесприводными ротационными рабочими органами к пропашному культиватору является актуальной задачей.

## 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

### 1.1 Краткий обзор технологий возделывания картофеля.

В настоящее время существует большое количество технологий по возделыванию картофеля, среди них наиболее распространены следующие технологии:

- технология массового применения;
- технология возделывания картофеля на слеживающихся суглинистых почвах с повышенным содержанием гумуса;
- технология возделывания картофеля на почвах, засоренных камнями и комковатых по структуре;
- грядово-ленточная технология возделывания картофеля (для условий повышенной влажности и мелиоративных земель);
- технология возделывания картофеля в условиях орошения.

При возделывании картофеля следует учитывать различные факторы: структуру и состав почвы, климатическую зону расположения, среднегодовое количество осадков, сорт возделываемого картофеля (ранний, среднеранний, среднеспелый, поздний), назначение картофеля. В зависимости от этих факторов выбираются технологические операции по возделыванию.

Технология массового применения включает в себя следующие операции:

- осеннее внесение органических удобрений;
- зяблевая пахота;
- подготовка семенного материала;
- весеннее боронование зяби;
- внесение минеральных удобрений;
- перепашка зяби;
- предпосадочная подготовка почвы (культивация, нарезка гребней);

- посадка;
- уход за растениями (до всходов рыхление междурядий с одновременным боронованием, междурядная обработка всходов и 2-3 окучивания, химическая обработка против болезней и вредителей);
- уборка;
- закладка на хранение.

Технология возделывания картофеля на комковатых почвах и почвах, засоренных камнями, известна в России как технология «Гримме», заключается в следующем:

- зяблевая пахота;
- внесение органических удобрений под предшественник;
- подготовка семян;
- предпосадочная подготовка почвы (нарезка гряд, выделение из пахотного горизонта камней с укладкой в междурядье, а крупных на поворотную полосу);
- посадка (гребневая);
- обработка посадок гербицидами и препаратами против болезней и вредителей;
- уборка;
- закладка клубней картофеля на хранение;
- распределение камней, уложенных в междурядья, по всему полю.

Для комковатых почв последняя операция не проводится. Грядовая ленточная технология возделывания картофеля в условиях повышенной влажности и на мелиорированных землях включает:

- осеннее внесение органических удобрений (или под предшественник);
- зяблевая пахота; подготовка семян;
- перепашка зяби;
- предпосадочная обработка почвы (культивация);
- нарезка гряд;
- посадка (строчно-ленточная);

- уход за посадками;
- борьба с болезнями и вредителями;
- уборка;
- закладка картофеля на хранение.

## 1.2 Основы возделывания картофеля

Периоды и условия развития клубней картофеля.

Картофель весьма пластичное растение и приспосабливается к различным условиям среды. Он может произрастать на суглинистых почвах, на сыпучих песках и на сырых болотных участках. Но высокий урожай клубней можно получать не везде и не во всех почвенно-климатических условиях. Как показывают научно-производственные исследования ведущих ученых и опыт работы научно-исследовательского института картофельного хозяйства картофель лучше всего растет на окультуренных супесчаных и среднесуглинистых почвах нашей зоны.

При возделывании картофеля различают четыре основных периода.

Первый период - это прорастание почек клубня и появление всходов. В этот период все жизненные процессы идут за счет использования питательных веществ и влаги материнского клубня. Глазки клубней набухают, и начинают расти. Молодой росток постепенно выступает над поверхностью клубня. В верхней части роста образуются чешуйчатые бугорки зачатки будущих корней.

Почки способны медленно развиваться при температуре не ниже 5-полноценный рост надземной массы, начинается при образовании корней. температуре почвы 10-12°. Поэтому в условиях Предуралья посадку производят только тогда, когда почва на глубине 10-12 см прогреется до 7-8°.

Вначале образования ростков потребность во влаге почти целиком покрывается за счет материнского клубня. Одновременно интенсивно прорастают и сорняки, при этом нужно уловить, когда большинство сорных

растений будут находиться в фазе «белой нити», и в этот период произвести поверхностную обработку почвы - боронование, что сохранит влагу в почве, уничтожит сорняки и сохранится поверхность почвы в рыхлом состоянии, способствующая возможности большего поступления воздуха в почву. Таких обработок может быть 1-2 в зависимости от состояния и типа почвы.

Второй период развития растения - это появление всходов и образование первых зеленых листьев растения картофеля. Всходы картофеля лучше развиваются при прохладной и влажной погоде. Максимальной прирост всходов бывает при умеренно-влажной и рыхлой почве при тем 17-20 °С. В этот период всходы особенно чувствительны к низким температурам. При заморозках -1 -1,5°С и высокой относительной влажностью воздуха растения чернеют и погибают. Поэтому при выборе участков надо учитывать рельеф местности. При посадке картофеля на пониженных участках, где в утренние часы застаивается холодный воздух, всходы чаще повреждаются за морозками, чем при посадке на более высоких местах. Во втором периоде развития растения, по опыту работы картофелеводческих хозяйств, производится по 2-3 междурядных обработки, первая из которых слегка присыпает вышедшие ростки растений картофеля и спасает нежные ростки от заморозков. Другие две междурядные обработки разрыхляют верхний слой почвы до 2-3 см и уничтожают сорняки.

Третий период - это бутонизация растения, в этот период появляются столоны, на кончиках столонов появляются молодые клубни. Через некоторое время мелкие клубни разрастаются и заполняются крахмалом, интенсивно растет ботва, растения требуют большого количества влаги и питательных веществ. После окончания цветения, рост надземной части приостанавливается, нижние листья желтеют и отмирают. Интенсивно идет накопление массы клубней и при благоприятных условиях достигает 4-5 ц/га в сутки. Для цветения картофеля наиболее благоприятная температура 18-21°С, а для клубнеобразования температура почвы должна быть в пределах 15-19°С. В третий период развития проводится 2х-3х кратная междурядная

обработка с рыхлением междурядий и окучиванием до момента полного смыкания ботвы. Междурядная обработка может быть проведена с внесением удобрений до окучивания. В третьем периоде особенно важным является сохранение почвы в рыхлом состоянии для лучшего воздухообмена, что очень важно для прироста клубней.

Четвертый период развития растений характеризуется созревaniem клубней. В этот период постепенно желтеют средние и верхние листья, буреет стебель и высыхает, созревает кожица клубней, а клубень переходит в состояние покоя. В этот период за 4-5 дней до уборки растительные остатки можно скосить и убрать с поля, что ускорит образование на клубне более толстой и прочной кожицы.

Таким образом, анализируя развитие растений картофеля, можно отметить, что для получения хорошего урожая картофеля необходимо учитывать его требования:

- к почве;
- к температуре;
- водно-воздушному режиму;
- освещенности участков;
- потребности в элементах питания.

#### Размещение картофеля в севообороте

Успешное возделывание картофеля возможно при концентрации посевов в специализированных севооборотах. Необходимо раз и навсегда исключить потребительский (в земледельческом плане) подход к картофелю, только как в качестве хорошего предшественника для других культур. Картофель нужно размещать на почвах, которые на протяжении вегетации сохраняли бы рыхлость, не заплывали при выпадении осадков и обладали хорошей просеивающей способностью при уборке. Под картофель нужно отводить участки с более окультуренными легкими супесчаными почвами, торфяники и легкие суглинки. Использовать почвы более тяжелого механического состава только тогда, когда они высоко-окультурены, при



внесении по предшественникам больших норм органических удобрений (до 80 т/га) и по предшественникам, оставляющим после себя значительное количество послеуборочных органических остатков.

Лучшими предшественникам в специализированных севооборотах Предуралья являются:

пласт многолетних трав;

озимые по удобренным чистым парам:

озимые по парам, занятым бобовыми, зернобобовыми смесями, картофелем ранним;

люпин и другие сидеральные культуры;

зерновые и бобовые культуры;

озимая рожь на зеленый корм.

Для легких супесчаных и суглинистых почв рекомендуются следующие севообороты :

4-польный с насыщением картофелем 50%: 1-е поле - яровые зерновые с подсевом клевера; 2-е - клевер; 3-е поле - картофель; 4-е поле - картофель;

5-польный с насыщением картофелем 40%: 1-е поле - картофель; 2-е поле - озимая пшеница или рожь; 3-е поле - картофель; 4-е поле - яровые зерновые или зернобобовые; 5-е поле - однолетние травы;

6-польный с насыщением картофелем 40%: 1-е поле - яровые зерновые с подсевом трав; 2-е поле - многолетние травы 1-го года; 3-е многолетние травы 2-го года 4-е картофель; 5-е картофель;

5-польный с насыщением картофелем 40%: 1-е поле - яровые зерновые с подсевом клевера; 2-е клевер; 3-е картофель; 4-е однолетние травы; 5-е картофель;

6-польный с насыщением картофелем 33,3%: 1-е поле - яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 2-е - многолетние травы 1-го года; 3-е многолетние травы 2-го года; 4-е картофель; 5-е однолетние травы 6-е картофель

В многоотраслевых хозяйствах при выращивании картофеля на суглинистых почвах используют севообороты:

4-польный с насыщением картофелем 37,5%; 1-е поле яровые зерновые подсевом клевера; 2-е клевер на 2 укоса; 3-е площади под семенным картофелем +1/2 площади под однолетними травами на силос; 4-е поле картофель продовольственный;

5-польный зернотравяной с насыщением картофелем 20%; 1-е поле - яровые зерновые с подсевом клевера или многолетних трав; 2-е клевер или многолетние травы; 3-е многолетние травы; 4-е озимые. 5-е картофель;

4-польный картофелнозерновой с насыщением картофелем 25%; 1-е поле - клевер; 2-е озимая пшеница; 3-е картофель 4-е ячмень с подсевом клевера;

6-польный кормовой с насыщением картофелем 33,3%; 1-е поле – картофель; 2-е озимая пшеница; 3-е кукуруза + кормовая свекла; 4-е Вико-овес; 5-е картофель; 6-е поле озимая пшеница;

6-польный кормовой с насыщением картофелем 33,3%; 1-е поле однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2-е многолетние травы, 3-е многолетние травы; 4-е картофель; 5-е однолетние травы; 6-е поле – картофель;

7-польный с насыщением картофелем 28,6%; 1-е поле яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 2-е многолетние травы (клевер люцерна костер безостый или клевер тимофеевка овсяница луговая); 3-е многолетние травы; 4-е картофель, 5-е озимые; 6-е картофель; 7-е поле корнеплоды + силосные;

7-польный со льном с насыщением картофелем 14,3%; 1-е поле пар чистый или занятый; 2-е озимые; 3-е картофель; 4-е-яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 5-е-многолетние травы; 6-е-многолетние травы, 7-е поле-лен;

5-польный с коноплей с насыщением картофелем 20%; 1-е поле яровые зерновые с подсевом клевера; 2-е клевер; 3-е картофель; 4-е конопля; 5-е поле конопля;

7-польный овощной с насыщением картофелем 14,3%: 1-е поле однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2-е многолетние травы; 3-е многолетние травы; 4-е капуста; 5-е капуста; 6-е морковь столовая свекла; 7-е поле картофель;

5-польный с насыщением картофелем 20%: 1-е поле люпин; 2-е озимая рожь или пшеница; 3-е картофель; 4-е-яровые зерновые; 5-е поле кукуруза на силос.

5-польный с насыщением картофелем 40%: 1-е поле картофель; 2-е яровые зерновые; 3-е люпин, 4-е картофель; 5-е поле озимая рожь или пшеница.

7-польный с насыщением картофелем 28,6%: 1-е поле яровые зерновые с подсевом многолетних трав; многолетние травы 1-го года; 3-е Многолетние травы 2-го года; 4-е картофель; 5-е картофель; 6-е озимая пшеница или рожь, 7-е поле картофель

4-польный с насыщением картофелем 25%: 1-е поле ячмень с подсевом клевера; 2-е клевер; 3-е озимая пшеница; 4-е поле картофель:

5-польный с насыщением картофелем 20%: 1-е поле. ячмень с подсевом многолетних трав; 2-е многолетние травы 1-го года; 3-е многолетние травы 2-го года; 4-е-озимая пшеница или рожь; 5-е поле картофель;

6-польный с насыщением картофелем 16,6%: 1-е поле яровые зерновые с подсевом клевера или многолетних трав; 2-е клевер или многолетние травы; 3-е - озимые; 4-е картофель; 5-е- занятый пар; 6-е поле озимые.

### 1.3 Голландская технология выращивания картофеля

Отечественные ученые помимо прочего совершенствуют технологию выращивания картофеля с учетом определенных почвенно-климатических условий, которые у нас очень многообразны по регионам. Так, ВНИИ картофельного хозяйства (Московская обл.) разработал и советует для

разных зон активные технологии возделывания картофеля с междурядьями 70 и 90 см с использованием российского комплекса автомашин, в том числе фрезерного культиватора. Они включают составляющие голландской технологии: фрезерование при подготовке основы к посадке и уходе, составление гребней за один ход агрегата, использование гербицидов по гребням.

В последнее время в сельскохозяйственных предприятиях, фермерских и приусадебных хозяйствах, а помимо прочего на садово-огородных участках стали возделывать больше видов картофеля голландской селекции. В результате сортоиспытания их на госсортучастках наиболее 30 видов из Нидерландов рекомендованы для выращивания в отдельных ареалах России. В прочем, не все из них полюбились картофелеводам и сохранились для последующего размножения и применения. Пополнение сортимента картофеля продуктивными голландскими сортами на практике не отразилось на увеличении урожайности. Так как наш российский сортовой картофель потенциально высокоурожайный и в том числе и при неполном выполнении рекомендуемой технологии способен выдавать 20- 30 т/га. В прочем, средняя урожайность в хозяйствах частного раздела немного выше 11 т/га, в то время как у голландских фермеров она составляет 30-40 т/га.

Одновременно с завозом в сельхозпредприятия голландских сортов научные работники и практики внимательно исследовали голландскую технологию возделывания картофеля. Она разработана для хозяйств, где немалые картофельные поля, и учитывает использование особого набора сельскохозяйственных автомашин. Картофель - цивилизация рыхлых основ, к клубням должны свободно поступать атмосфера и вода. В следствии этого при его выращивании необходимо создать оптимальные обстоятельства для становления мощной корневой системы и надземной массы. Основу голландской технологии возделывания картофеля составляет комплекс агротехнических способов. Для обработки почвы применяют фрезерные орудия с интенсивными рабочими органами. Против сорняков обязательно

пускают в ход гербициды. Необходимо соблюдать технологическую последовательность, применять все приемы, предусмотренные агротехникой, выполнять качественно и в намеченные сроки. Отличительная специфика голландской технологии - уменьшение до минимального количества механизированных обработок при уходе за посадками. В последствии формирования высокообъемных гребней за один проход агрегата, междурядную обработку почвы в последующем не проводят. В последнее время в сельхозпредприятиях площади под картофелем существенно сократились и часть его производства уменьшилась до 10 %. Часть же производства в хозяйствах частного сектора выросла не значительно. В следствии этого на приусадебных и садово-огородных участках надобно применять прогрессивные приемы возделывания данной культуры. Усердные картофелеводы могут с не малой пользой принимать на вооружение отдельные составляющие голландской технологии. Взять даже размещение картофеля. Ему выделяют участки с высоким агрофоном и обязательно пускают в ход чередование культур, возвращают на прежнее место не раньше чем через 3-4 года. При данном чередовании почва вычищается от возбудителей почти всех грибных и бактериальных заболеваний.

Небольшая посадка на глубину 4 см, при появлении всходов высокое окучивание и оставление гребней высотой 23-25 см и шириной междурядья 75 см. Для предпосадочной обработки почвы и формирования гребня голландцы пускают в ход фрезерные орудия. Элементы фрезерования огородники выполняют, когда используют мотокультиваторы или подобные мотоблоки, снабженные фрезерными рабочими органами.

В последствии образования высокого гребня при междурядных обработках по голландской технологии не выполняется. Но в случае, если не использовать против сорняков гербициды, то без междурядных рыхлений и окучивания на наших огородах не обойтись.

Большое значение имеет и ширина междурядий. Голландские фермеры сажают картофель с междурядьями 75 см. К сожалению, в связи экономии

территории на наших посадках возможно видеть неширокие (40-50 см) междурядья. Это затрудняет окучивание рыхлой почвой, при этом развивающиеся корни подрезаются. При этом растения отстают в подъеме и развитии. В связи с недостатком почвы для окучивания клубни оголяются и зеленеют, что собственно недопустимо при выращивании продовольственного картофеля. Для получения полновесного урожая ширина междурядий для ранних видов картофеля рекомендовано 65-70 см, для поздних - 75-80 см. Неотъемлемым агроприемом на голландских посадках картофеля является - опрыскивание растений веществами против фитофтороза; - вредоносной болезни, которая за 3-4 дня может загубить все растения. Картофельные поля обрабатывают 5-6 раз и наиболее в строгой очередности препаратов, принимая во внимание степень становления болезни. Как показывает практика, завезенные сорта голландской селекции не оправдали надежду российских картофелеводов по стойкости к фитофторозу, ведь она достигается не на основе иммунитета, как предполагалось, а в результате постоянных химических обработок растений. При выращивании посадочного материала, который был использован по голландской технологии предусматривает меры борьбы и с вирусными болезнями, которые уносят до 30-40 % урожая. Один из способов защиты картофеля от данных болезней - устранение тлей как переносчиков микробов. Эти насекомые, заселяющие почти все культуры и сорняки, заражают картофель во время вегетации, перенося инфекцию от заражённых растений к здоровым.

#### 1.4 Агротехнические требования при междурядной обработки почвы.

Первую междурядную обработку всходов проводят при обозначении рядков (высота растений 5-8 см) на глубину 14-16 см культиваторами КОН-2,8ПМ, КРН-4,2 или КРН-5,6, оборудованными стрельчатыми лапами.

Сорные растения в обработанной части междурядий должны полностью подрезаться (98-100 %). Не допускаются повреждения культурных растений. Отклонение от заданной глубины обработки не должно превышать  $\pm 1$  см. Размеры защитных зон для надземной и подземной части растений  $\frac{3}{4}$  60-160 мм. Глубина рыхления при первых междурядных обработках  $\frac{3}{4}$  10-12 см, последующих  $\frac{3}{4}$  12-15 см.

Минеральные удобрения при подкормке необходимо вносить равномерно во все рядки в соответствии с принятой нормой (отклонение  $\pm 3$  %), на заданную глубину (отклонение  $\pm 2$  см). Неравномерность распределения минеральных удобрений допускается не более  $\pm 5$  %.

Подготовка агрегатов.

К агрегатам для ухода за пропашными культурами предъявляются следующие требования:

1. Колея ходовой части пропашного трактора или самоходного шасси должна соответствовать ширине междурядья, а его агротехнический просвет допускать проход над растениями без их повреждения. Таким образом, все машинно-тракторные агрегаты, выполняющие операции по уходу за пропашными культурами, должны обеспечивать горизонтальную и вертикальную проходимость.

Вертикальная проходимость характеризуется необходимым максимальным агротехническим просветом трактора (расстоянием до поверхности почвы под передней осью и рукавами полуосей конечных передач трактора), средней высотой растений на момент обработки и их коэффициентом стойкости (для разных культур изменяется в пределах 0,1-0,3):

Горизонтальная проходимость обеспечивается, если при движении агрегата рабочие органы машины, колеса или гусеницы трактора проходят в рядках, не входя в зону рядка растения и не повреждая их. Это достигается правильной расстановкой рабочих органов машины, гусениц и колес тракторов, применение защитных средств (ботвоотводов БОТ-1,4 и др.) и

выбором защитной зоны. При слишком малой защитной зоне необработанная площадь сокращается, но увеличивается повреждаемость культурных растений. Допускаемая агротребованиями повреждаемость растений составляет 0,5

2. Давление ходовой части трактора на почву не должно превышать 40 кПа (0,4 кг/ ), чтобы не вызывать повреждения корневой системы растений и переуплотнения почвы.

3. Трактор должен быть оборудован обтекателями, стеблеподъемниками и рыхлителями колеи;

4. Ширина захвата пропашного культиватора должна быть равной или кратной ширине захвата посевных или посадочных машин.

При уходе за картофелем, кукурузой, корнеплодами и другими пропашными культурами (при ширине междурядий 0,70 м) устанавливают колею трактора 1400 мм. Регулируют давление в шинах задних колес 100-120 кПа (1-1,2 кг/ ), передних  $\frac{3}{4}$  170-190 кПа (1,7-1,9 кг/ ). Устанавливают сходимость передних (направляющих) колес (4-8 мм для трактора МТЗ-80/82), изменяя длину поперечной тяги. На переднюю часть рамы тракторов типа МТЗ навешивают грузы общей массой 150 кг, сняв их с задних колес. Регулируют систему навески трактора: длина раскосов – 515 мм, длина центральной тяги устанавливается предварительно в пределах 600-650 мм.



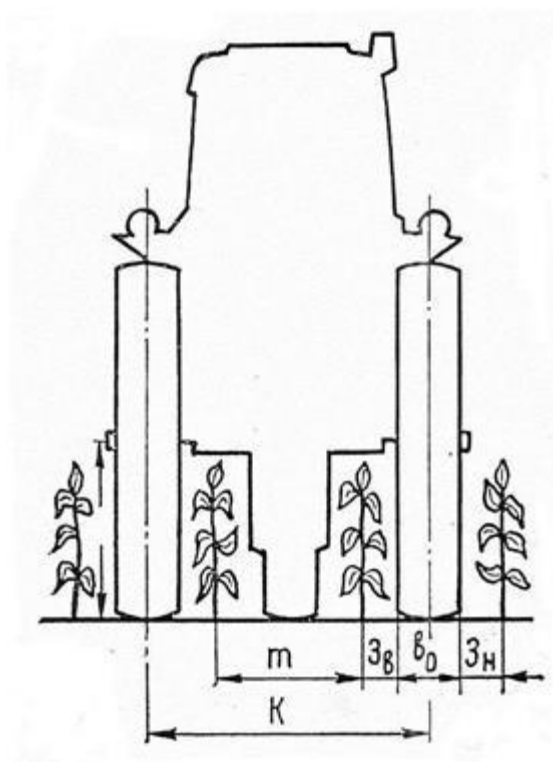


Рисунок 1.1 - Подготовка трактора к работе по уходу за пропашными культурами:

где,  $K$  - колея трактора, мм;  $m$  - ширина междурядья культуры, мм;  $b_0$  - ширина колеса, мм;  $z_{в}$  - защитная зона, соответственно внутренняя и наружная для рядков растений, мм

Рабочую скорость выбирают, как правило, на основе агротехнически допустимой наибольшей, так как чаще применяются одномашинные агрегаты, которые не загружают двигатель трактора в полной мере. В целях экономии топлива следует рекомендовать работу на повышенных передачах при частичном скоростном режиме работы двигателя (за счет снижения подачи топлива рычагом акселератора).

#### 1.5 Анализ конструкций машин и орудий для междурядной обработки почвы.

Важной операцией по возделыванию картофеля при различных технологиях является междурядная обработка

Для междурядной обработки применяют пропашные культиваторы. Они подразделяются на несколько видов: с пассивными рабочими органами, использующими для деформации почвы тяговое усилие трактора; активными рабочими органами, имеющими привод от ВОМ трактора;

Так же они бывают: – универсальные (модификации КРН-4,2А; УК-0,7 и др.); – свекловичные (КМС-5,4-01; КФ-5,4; КГС-4,8А; УСМК-5,4; КЛГ-5,4); – овощные (КОР 4,2-01; КФЛ-4,2; КФО-4,2); – культиваторы-окучники (КОН-2,8ПМ; КНО-4,2; ОКГ-4; АК-2,8; КГО-4; УК-0,7; Л-802; КВК-4; АК-2,8; КГО-3,0; ОКГ-4,0). Широкое применение находят универсальные культиваторы, которые могут производить основные операции по уходу за посевами различных культур.

На культиваторах в зависимости от назначения обработки, культуры, структуры и влажности почвы, вегетационного периода растений применяют различные рабочие органы. Составлена классификация рабочих органов пропашных культиваторов, которая представлена на рисунке 1.2

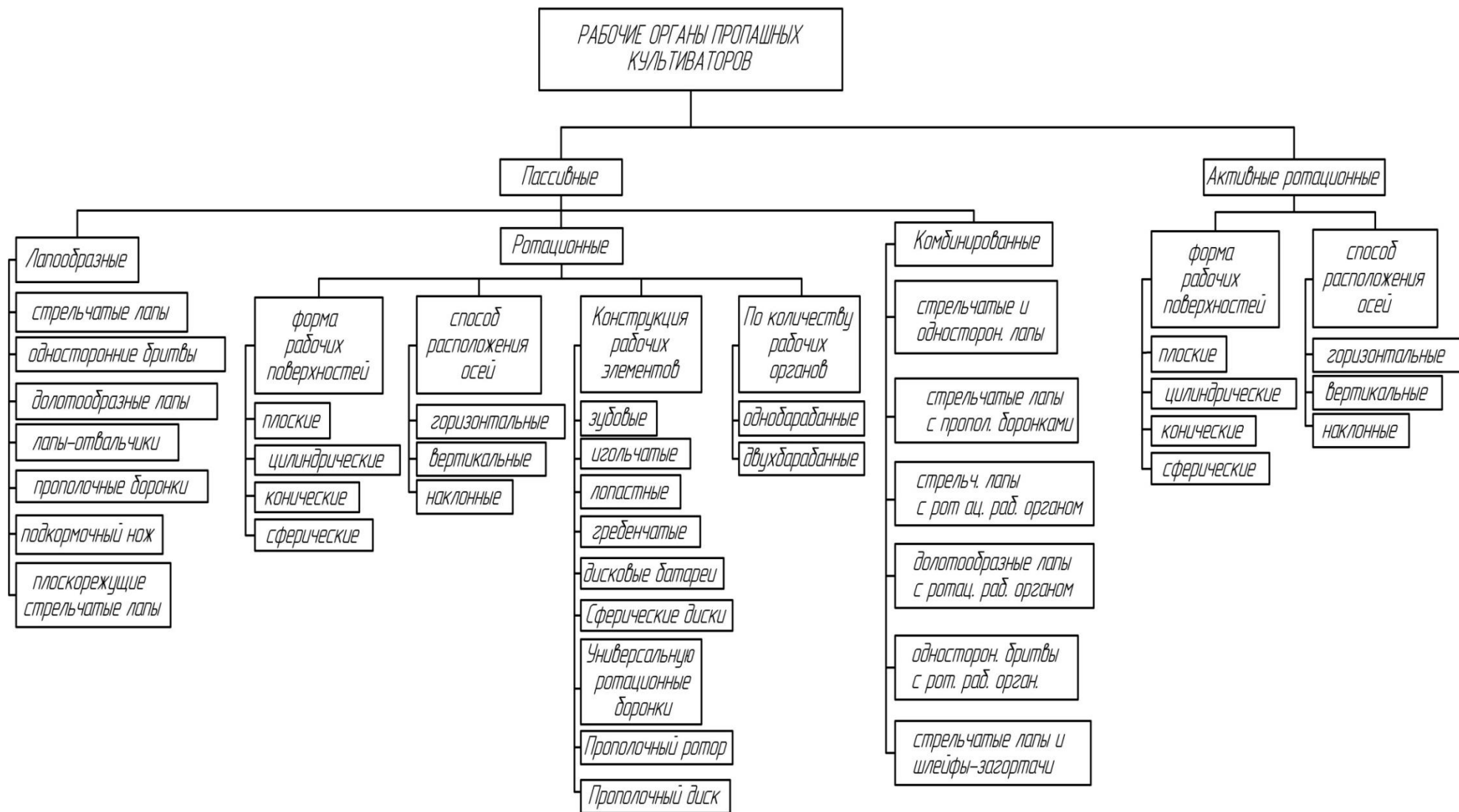


Рисунок 1.2 - Классификация рабочих органов пропашных культиваторов

Для механической обработки почвы при возделывании культурных растений с минимальной затратой энергии разработаны машины с ротационными пассивными рабочими органами.

Известно устройство [9] состоящее из шарнирного четырехзвенника, соединенного с ним грядиля, к которому крепится квадратный стержень. В боковые держатели, установленные на стержне, вставляют вертикальные стойки прямоугольного сечения. К стойкам в нижней части крепят оси, наклоненные под углом  $70...75^\circ$  к горизонтальной плоскости. На оси устанавливают с возможностью свободного вращения на закрытых подшипниках диски. К дискам радиально закрепляют равномерно по окружности пластинчатые ножи, при этом, у диска ножи параллельны ему, а в концевой части изогнуты вертикально. Длина изогнутой части составляет 30...40 мм. Количество ножей 6...9. Диаметр диска с ножами составляет 350...400 мм. Вертикальные стойки могут перемещаться как "вверх-вниз", так "влево-вправо" и после перемещения фиксируются болтами с контргайками. Диски с ножами размещают как напротив друг друга, так и со смещением относительно грядиля.

Работа устройств осуществляется следующим образом. Их крепят к брусу культиватора из расчета одно устройство на рядок. При шестирядном посеве ставят шесть устройств, при восьмирядном восемь и т.д. Например, при обработке томатов использовали три устройства (трехрядный посев). Начинают обработку, когда всходы находятся в фазе двух-трех листочков (пар) и заканчивают, когда габитус кустов не позволяет их уже применять. Оси 6 крепят к нижней части вертикальных стоек под углом  $75^\circ$  к горизонтальной плоскости. Это обеспечивает наклон дисков под углом  $\alpha = 90, 75, 15$  градусов к поверхности почвы. Ввиду такого небольшого угла диски одной стороной устойчиво лежат на почве. Эта устойчивость и стабильность усиливается тем, что каждый четырехзвенник с грядилем опираются на два наклонных диска, симметрично охватывающих рядок растений. При опускании культиватора в рабочее положение ножи входят в

почву. При этом концевая часть ножей опускается не более глубины посева, то есть на  $h_g$  3.5 см, благодаря небольшому наклону дисков.

В процессе движения агрегата диски, за счет фрикционных свойств и наклона вращаются на осях. Этому способствуют также ножи, выполняющие еще функции почвозацепов. Концевые части ножей движутся по траектории, близкой к циклоиде, ее скорость у стеблей (на линии рядка) равна нулю, что обеспечивает сохранность растений даже при соприкосновении с ними ножей. Этому способствует также то, что концевая часть ножей изогнута вертикально. При работе она может даже опираться на стебель, не приводя к повреждению. Между ножом и стеблем всегда бывает амортизирующий слой почвы. От контакта со стеблем свободно установленный диск поворачивается "перешагивая" стебель. Если при нахождении концевой части ножей у рядка, она имеет нулевую скорость, то при входе в почву и выходе, скорость достаточная для активного рыхления и вычесывания сорняков. Особенно эффективно пропалываются сорняки в стадии всходов, и "белых нитей". Даже если нож не касается их, за счет деформации почвы происходит разрыв корешков, что приводит к гибели сорняков. А корней культурного растения в зоне работы ножей нет, они расположены ниже (так как нож идет выше глубины посева), поэтому негативного влияния на них не оказывается.

Так же существует рабочий орган [10] для прореживания и прополки содержит раму, присоединяемую к тяговому средству (не показано), на которой смонтированы фрезерный барабан для обработки почвы в междурядьях и рабочий орган для прореживания растений в рядках. Рабочий орган для прореживания растений выполнен в виде пары закрепленных на приводных валах прореживающих дисков. На раме также смонтированы место для оператора.

Рабочий орган для прореживания имеет механизм для периодического сближения и удаления друг от друга прореживающих дисков до сопряжения им своими режущими кромками. Механизм выполнен на раме рычагов ручного управления и пары промежуточных рычагов. Каждый из рычагов

присоединен одним своим концом к соответствующему рычагу ручного управления, а другим - к раме устройства. Валы прореживающих дисков расположены вертикально. Каждый вал шарнирно соединен с соответствующим промежуточным рычагом.

Работа устройства происходит следующим образом.

Раздвигая или сближая рычаги управления через промежуточные рычаги, действуют на вращающиеся от ВОМ трактора диски, которые соответственно сближаются и удаляются по отношению друг к другу. При движении устройства с небольшой скоростью вдоль рядков свеклы, оператор держит в обеих руках рычаги управления и, удаляя или сближая их по отношению друг к другу, проводит прореживание. Оператор, имея хороший обзор, следит за вращающимися дисками, и, сближая и удаляя их друг от друга, прореживает ненужные и оставляет хорошие всходы растений с промежуточными согласно агротребованиям.

Не безызвестно устройство [11] для прополки бахчевых культур имеет раму, механизм навески, верхнее регулируемое звено параллелограммного механизма подвески секций рабочих органов, пневмоцилиндр для подъема и опускания роторных дисков, опорные колеса, ведомые роторные диски, снабженные загнутыми в сторону режущими лезвиями под углом резания  $\gamma$  и углом заточки  $\alpha$ , режущая кромка отогнута параллельно плоскости вращения диска, брус соединения подъемных и неподъемных роторных дисков, стойку подъема подъемных роторных дисков, звездочку привода подъемных роторных дисков, ось крепления подъемных роторных дисков, ось неподъемных роторных дисков, тягу подъема подъемных роторных дисков, ведущие роторные диски.

Орудие работает следующим образом.

При движении ведущие роторные диски уничтожают сорняк вблизи рядка, а ведомые роторные диски уничтожают сорняк в рядке бахчевых культур. Когда роторный диск подходит к культурному растению,

срабатывает пневмоцилиндр и ведомые роторные диски поднимаются вверх и не срезают культурное растение, затем пневмоцилиндр отпускает тягу подъема и ведомые роторные диски опускаются в рядок и продолжают уничтожать сорную растительность. Привод ведущих роторных дисков осуществляется за счет взаимодействия с почвой, а привод ведомых роторных дисков осуществляется с помощью цепной передачи. Зубья ведомых роторных дисков загнуты в противоположную сторону относительно ведущих роторных дисков и за счет разного количества зубьев на звездочке ведомые роторные диски вращаются с большей скоростью, чем ведущие роторные диски. При угле резания менее  $40^\circ$  и угле заточки менее  $20^\circ$  возникает недостаточное сопротивление и обе пары роторных дисков просто перекатываются без уничтожения сорной растительности, а при угле резания свыше  $60^\circ$  и угле заточки менее  $20^\circ$  возникает большое сопротивление и ведущий роторный диск не может провернуть ведомый и оба диска останавливаются.

Так же имеется ротационный рабочий орган [12] смонтированный на наклонной стойке посредством оси, на которой установлен диск с центральным корпусом и расположенными по периферии корпусами для рабочих элементов.

Диск смонтирован на оси с помощью подшипников качения, дистанционной втулки и опорной втулки, установленных в корпусе. Сверху корпус закрыт крышкой с зазором 1,0 мм для стабильного вращения диска ротационного рабочего органа. Ось зафиксирована гайкой и пружинной шайбой. Снизу ось с подшипниками закрыта крышкой, зафиксированной внутренним эксцентричным кольцом.

Каждый рабочий элемент имеет зубья, отходящие от головки вниз по образующим конической поверхности с вершиной конуса, направленной вверх. Зубья соединены с головкой посредством оси и гайки с шайбой. Головка закреплена на оси, установленной в подшипниках качения, дистанционной втулке и опорной втулке, смонтированных в корпусе,

который закрыт крышкой с защитным буртиком. Ось закреплена гайкой с пружинной шайбой. Между наружной поверхностью корпуса и внутренней плоскостью крышки имеется зазор 1,0 мм для стабильного вращения рабочих элементов.

Зубья имеют коническую форму с вершиной конуса, направленной вниз. Рабочий конец зуба имеет заточку под углом  $15^\circ$ , а обращенная к осевой линии, образуемой зубьями рабочего элемента, конической поверхности сторона зуба расположена в описываемом примере под углом  $15^\circ$  к указанной линии.

Ротационный рабочий орган работает следующим образом.

Прополочные органы в необходимом количестве устанавливаются с помощью стоек в кронштейн культиватора и зажимаются болтами. При этом диск 3 фиксируется под минимальным углом  $20^\circ$ .

При движении культиватора зубья рабочих элементов заглубляются в почву на глубину 50-60 мм и, взаимодействуя с почвой, получают вращательное движение, которое при поступательном движении культиватора вызывает вращение диска. При этом направление вращения рабочих элементов совпадает с направлением вращения диска. Зубья эффективно разрушают корневую систему сорняков и вычесывают их из почвы. При этом сорняки сбрасываются с зубьев из-за их конической формы и происходит самоочищение зубьев. Крышки и корпуса защищают подшипники от загрязнения и обеспечивают стабильное вращательное движение рабочих элементов и диска. При этом наряду с прополкой осуществляется рыхление междурядий и окучивание рядков растений.

Ещё существует культиватор-рыхлитель [13], кроме известных рабочих узлов, содержит установленные на раме посредством вертикальных наклонных осей ротационные рабочие органы в виде ступиц со спицами несущими кольцами с закрепленными на них по концентрическим окружностям зубьями в виде конусов, установленных закругленными вершинами вниз. Зубья ротационного рабочего органа расположены в



шахматном порядке, а по отношению к зубьям другого ряда в рабочей зоне - с прекрешиванием. Новым в конструкции ротационных рабочих органов является то, что несущее кольцо снабжено попарно размещенными в шахматном порядке на ее внешней и внутренней гранях осями, упорами, упругими элементами и монтажными втулками, установленными с возможностью поворота и закрепленными в них зубьями и упругими элементами.

Культиватор-рыхлитель работает следующим образом. Его работа приводится на примере возделывание пропашных культур по стерневому фону предшественника. При поступательном движении культиватора-рыхлителя зубья внешнего и внутреннего рядов контактируют с почвой. Наклон осей в поперечно-вертикальной плоскости позволяет зубья максимально приблизить к оси ряда и обрабатывать почву в защитной зоне без повреждения растений. Поступательное движение культиватора-рыхлителя за счет наклона осей совершает вращательное движение ступиц с зубьями. Зубья совершают сложное движение. При внедрении зуба его закругленный конец деформирует почву. Вместе с этим конец зуба извлекает сорняки. Дальнейшее перемещение зубьев приводит к увеличению глубины внедрения в почву. Затем зуб выглубляется. При этом растительные и корневые остатки из защитной зоны вместе с сорняками перемещаются им на середину междурядий, производя мульчирование верхнего слоя. Многократное перемещение зубьев внешнего и внутреннего рядов производят интенсивное крошение почвы. Рыхлая почва в защитных зонах рядков и мульчирование средней части междурядий посевов кукурузы (подсолнечника, сорго, амаранта и др.) исключает иссушение корнеобитаемого слоя. Упругие элементы обеспечивают поворот монтажных втулок с зубьями, что исключает нависание сорняков на них, а также и их деформацию. Описанный культиватор-рыхлитель с зубовыми рабочими органами успешно работает на твердых и каменистых почвах. Каждый зуб при встрече с камнем упирается в него. Под воздействием увеличивающейся

нагрузки зуб вместе с втулкой 6 на подшипниках скольжения поворачивается вокруг оси в тангенциальной плоскости несущего кольца. Одновременно с поворотом зуба происходит поворот ступицы зубового рабочего органа. Зуб при встрече с камнем в указанном случае выглубляется, копируя поверхность камня или препятствия. Обойдя препятствие, под воздействием усилия упругого элемента, зуб возвращается в исходное положение.

Известна секция [14] содержит грядиль, на котором последовательно закреплены разрезной дисковой нож с ребордами, плоскорежущая лапа, игольчатые диски, установленные под острым углом к направлению перемещения, и гребнеобразующие рабочие органы в виде пары сферических дисков. Диски установлены под тупым углом к направлению перемещения и обращены выпуклостью к продольной оси секции, причем передние кромки дисков выходят на пределы задних кромок дисков в поперечном направлении. Во время работы игольчатые диски перемещают растительные остатки к центру секции и дополнительно рыхлят почву. Диски перемещают свободную от растительных остатков почву в сторону от центра секции, вследствие чего между смежными секциями образуются почвенные гребни, свободные от растительных остатков, а растительные остатки располагаются между гребнями.

Предлагаемая секция пропашного культиватора работает следующим образом. Во время формирования гребней в осенний период на полях, занятых растительными остатками /мульчей/, при перемещении культиватора дисковый нож разрезает растительные остатки и частично рыхлит почву. Расположенная за ножом лапа обрабатывает почву, рыхлит ее и подрезает стерню. Игольчатые диски дополнительно измельчают сходящую с лапы почву и перемещают растительные остатки с периферийной части в центр секции. Установленные за дисками сферические гребнеобразующие диски, установленные на подпружиненных рамках, смещают свободную от растительных остатков почву, в обе стороны от секции. Таким образом, между смежными секциями образуются почвенные гребни, а внутри секций

междугребневые борозды, с растительными остатками. Весной, перед посевом семян в гребни, осуществляется обработка и правка гребней до заданных размеров.

При перемещении культиватора по полю с нарезными гребнями его секции перемещаются в междугребневом пространстве по мульче. Дисковый нож секции разрезает растительные остатки и частично рыхлит почву. Расположенная за ножом плоскорежущая лапа рыхлит почву в междугребневом пространстве и при своем движении сдвигает пожнивные остатки с почвой на боковые поверхности гребней. Чтобы эти пожнивные остатки не падали в гребень при его обработке, игольчатые диски, поставленные под острым углом к направлению движения, возвращают мульчу в центр секции. Установленные за игольчатыми дисками сферические гребнеобразующие диски обрабатывают боковые поверхности гребней и формируют гребни до заданных размеров без включения в гребни пожнивных с остатков. При необходимости обработки вершушек гребных, в скобах могут быть установлены стандартные стрельчатые лапы.

Так же известен рабочий орган [15] культиватора содержит стойку, ножевидную стойку, стрельчатую лапу. На стойке установлен кронштейн с возможностью его вертикального перемещения вдоль стойки. Необходимое положение по высоте кронштейна фиксируют болтом, вворачиваемым в резьбовое отверстие кронштейна. С кронштейном жестко закреплен держатель с осью. На оси с возможностью свободного вращения установлены рыхлительные диски и отвал. Рыхлительные диски и отвал расположены на оси через равные интервалы и выполнены с увеличивающимся диаметром в направлении от отвала к держателю. Отвал выполнен плоским и установлен под острым углом к направлению движения стрельчатой лапы.

Рабочий орган культиватора работает следующим образом. Перед проведением междурядной обработки пропашных культур устанавливают необходимую глубину хода стрельчатой лапы. Перемещением кронштейна

вдоль стойки устанавливают требуемую глубину рыхления почвы рыхлительными дисками и соответственно толщину сдвигаемого слоя почвы отвалом.

При движении культиватора с заглубленными рабочими органами стрелчатая лапа рыхлит почву и подрезает сорные растения. При этом почва, сходящая с крыльев стрелчатой лапы, поступает на рабочую поверхность отвала и сдвигается в сторону рядка растений, засыпая сорные растения в защитной зоне и окучивая культурные растения. Одновременно рыхлительные диски, установленные между отвалом и держателем, рыхлят почву ниже глубины хода стрелчатой лапы, мульчируя слой почвы за стрелчатой лапой, тем самым предотвращая обнажение дна борозды.

Выполнение отвала плоским и установка его с внутренней стороны стрелчатой лапы позволяют сдвигать почву в защитную зону рядка возделываемой культуры без ее оборота.

Выполнение рыхлительных дисков с увеличивающимся диаметром в направлении от отвала к держателю позволяет рыхлить почву за стрелчатой лапой, тем самым предотвращая обнажение дна борозды.

Установка кронштейна с возможностью его перемещения вместе с держателем 6 и осью по высоте позволяет регулировать не только глубину рыхления почвы рыхлительными дисками, но и толщину сдвигаемого слоя почвы отвалом в защитную зону рядка растений.

Существует пропашной культиватор [16] содержащий поперечный брус, опорные колеса, параллелограммные секции, грядили и рабочие органы.

Грядиль содержит копирующее колесо, направляющие кронштейны и держатели. Держатели установлены в направляющих кронштейнах на равном расстоянии от продольной оси симметрии грядиля с возможностью регулирования этого расстояния. Необходимое расстояние между рабочими органами устанавливают перемещением держателей по направляющим кронштейнам в разные стороны от продольной оси симметрии грядиля и

фиксируют в требуемом положении болтами, вворачиваемыми в резьбовые отверстия держателей.

Рабочие органы установлены в держателях и содержат стойку, ножевидную стойку, стрелчатую лапу. На стойке установлен кронштейн. На кронштейне жестко закреплен регулировочный диск с осью. Под регулировочным диском с возможностью поворота вокруг своей оси установлен дополнительный диск. Регулировочный диск и дополнительный диск имеют отверстия, расположенные по периферии на одинаковом расстоянии от их центра. Под дополнительным диском жестко закреплен дополнительный кронштейн с полуосью и отвалом. Полуось жестко закреплена на дополнительном кронштейне. На отвале закреплен цилиндрический корпус с подшипником. Отвал выполнен плоским и посредством подшипника установлен на полуоси с внутренней стороны крыла стрелчатой лапы с возможностью вращения вокруг своей оси и изменения угла установки к направлению движения. Отвал образует острый угол между своей плоской стороной и направлением движения пропашного культиватора. Требуемый угол установки отвала устанавливают вращением дополнительного диска вместе с дополнительным кронштейном и полуосью вокруг оси регулировочного диска и фиксируют в требуемом положении болтом, вставляемым в одно из отверстий.

Рабочие органы установлены в держателях с возможностью регулирования расстояния между нижними кромками крыльев стрелчатых лап и нижней точкой копирующего колеса.

На секции пропашного культиватора за рабочими органами в держателе посредством сцепки установлена ротационная боронка. Ротационная боронка содержит ось, боковые диски, Т-образные рыхлители и односторонне заточенные ножи и Т-образные рыхлители жестко закреплены на внешней поверхности боковых дисков. Односторонне заточенные ножи и жестко закреплены на Т-образных рыхлителях и оси ротационной боронки соответственно. Односторонне заточенные ножи, закрепленные на оси

ротационной боронки, острой кромкой направлены в сторону движения пропашного культиватора, а односторонне заточенные ножи, закрепленные на Т-образных рыхлителях, острой кромкой направлены против направления вращения часовой стрелки.

Пропашной культиватор работает следующим образом. Устанавливают необходимое расстояние между рабочими органами, в зависимости от первой или второй междурядной обработки для регулирования ширины защитной зоны рядка растений, для чего перемещают держатели по направляющим кронштейнам в разные стороны от продольной оси симметрии грядки 4 и фиксируют в требуемом положении болтом. Устанавливают глубину хода стрелчатых лап, для чего перемещают стойки в держателях и фиксируют болтами, и угол атаки отвалов к направлению движения культиватора в зависимости от высоты растений.

При движении культиватора с заглубленными рабочими органами стрелчатые лапы рыхлят почву и подрезают сорные растения. Отвалы, установленные под острым углом к направлению движения пропашного культиватора, сдвигают верхний слой почвы с поверхности междурядий в защитные зоны рядков растений, присыпая не подрезанные сорные растения, подавляя их всходы, с одновременным окучиванием культурных растений. Толщина присыпаемых слоев почвы зависит от высоты культурных и сорных растений, и составляет при первой междурядной обработке 2...4 см, при второй – 6...8 см.

Вращающаяся за рабочими органами ротационная боронка рыхлит верхний слой почвы Т-образными рыхлителями, после прохода стрелчатых лап. При этом Т-образные рыхлители внедряются в почву на определенную глубину и рыхлят верхний слой почвы. Комки почвы, образовавшиеся после прохода стрелчатых лап, и находящиеся в зоне действия ротационной боронки проходят между Т-образными рыхлителями и попадают во внутреннюю полость ротационной боронки. За счет того что ножи, жестко закрепленные на Т-образных рыхлителях, вращаются вместе с Т-образными

рыхлителями, а ножи, жестко закрепленные на оси ротационной боронки, остаются неподвижными в процессе вращения ротационной боронки, то комки почвы, попадая в зону действия ножей и, разрушаются и выходят из внутренней полости ротационной боронки. При этом максимальный размер разрушенных комков почвы не превышает максимальных размеров комков почвы, допускаемых агротехническими требованиями к междурядной обработке пропашных культур. После прохода ротационной боронки верхний слой почвы имеет рыхлую и мелкокомковатую структуру, что предотвращает испарение влаги и образование трещин на поверхности почвы между рядами возделываемых культур.

Наличие направляющих кронштейнов позволяет перемещать по ним держатели в разные стороны от продольной оси симметрии грядки для регулирования ширины защитной зоны ряда растений и, соответственно, необходимого расстояния между рабочими органами, в зависимости от первой или второй междурядной обработки.

Выполнение отвала плоским и установка его с внутренней стороны стрелчатой лапы позволяет сдвигать почву в защитную зону ряда возделываемой культуры без ее оборота.

Выполнение отверстий по периферии регулировочного и дополнительного дисков, позволяет регулировать угол установки отвала относительно направления движения культиватора, а также устанавливать отвал с правой или левой стороны стойки, регулировать дальность отбрасывания почвы, обеспечивая засыпание сорняков в защитной зоне культурных растений слоем почвы заданной толщины.

Присыпание в защитных зонах возделываемых культур сорных растений позволяет подавить их всходы, а окучивание культурных растений способствует образованию у них придаточных корней. При этом слой почвы толщиной 2...4 см позволяет засыпать всходы сорных растений, предотвращая их прорастание, без ущерба для культурных растений. При второй междурядной обработке слой почвы толщиной 6...8 см позволяет

также засыпать всходы сорных растений без ущерба для культурных растений, с одновременным окучиванием культурных растений, и создать условия для развития в нем придаточных корней культурных растений.

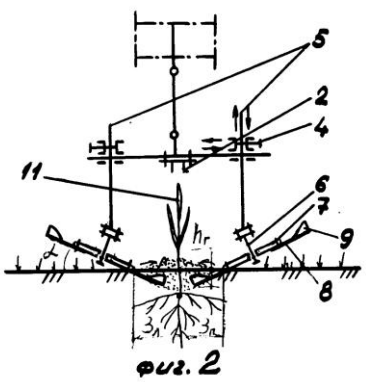
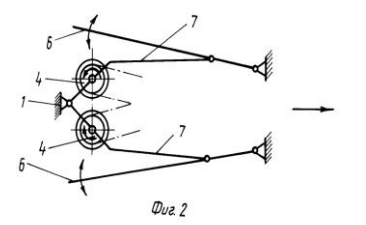
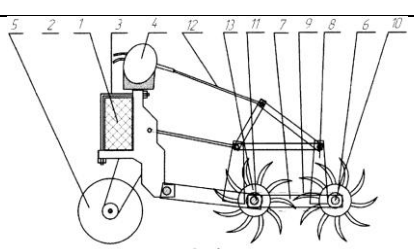
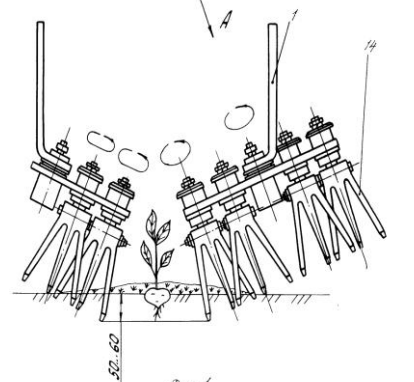
Установка рабочих органов в держателях с возможностью регулирования расстояния между нижними кромками крыльев стрельчатых лап и нижней точкой копирующего колеса 6 позволяет регулировать глубину рыхления почвы в зависимости от первой или второй междурядной обработки.

Наличие ротационной боронки, содержащей ось, боковые диски, Т-образные рыхлители и односторонне заточенные ножи и, позволяет не только с высоким качеством разрыхлить верхний слой почвы, но разрушить комки почвы, оставшиеся после прохода стрельчатых лап. За счет того, что односторонне заточенные ножи, закрепленные на оси ротационной боронки, острой кромкой направлены в сторону движения пропашного культиватора, а односторонне заточенные ножи, закрепленные на Т-образных рыхлителях, острой кромкой направлены против направления вращения часовой стрелки, то комки почвы защемляются между острыми кромками односторонне заточенных ножей и эффективно разрушаются с наименьшими затратами, в результате чего поверхность почвы имеет мелкокомковатую структуру.

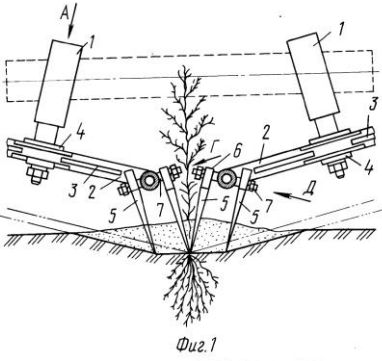
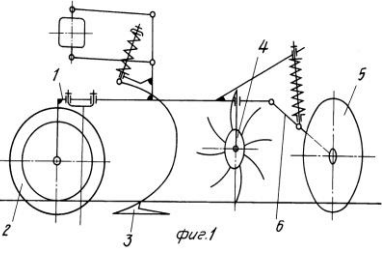
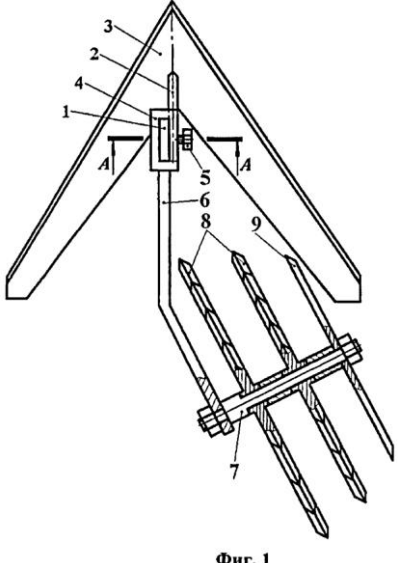
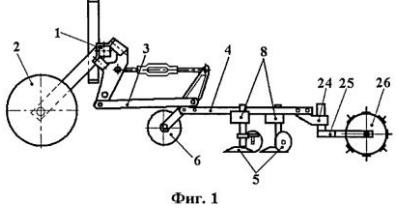
Сравнивая достоинства и недостатки вышеуказанных патентов был выполнен их анализ, который представлен в таблице 1.1.



Таблица 1.1. Машины для междурядной обработки почвы с ротационными рабочими органами

Схема конструкции	Название	Недостатки
1	2	3
	Патент РФ 2048716	Сложность конструкции, высокая точность изготовления деталей,
	Патент РФ 2080756	Сложность конструкции, большие габаритные размеры, не удобно для использования в промышленных целях
	Патент РФ 2369060	Низкое агротехническое качество обработки, для работы необходим схватый воздух
	Патент РФ 2033006	Оставление большой защитной зона

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
 <p>Фиг. 1</p>	<p>Патент РФ 2078488</p>	<p>Низкое агротехническое качество обработки, повышенное количество повреждённых культурных растений</p>
 <p>Фиг. 1</p>	<p>Патент РФ 2063668</p>	<p>Низкое агротехническое качество обработки</p>
 <p>Фиг. 1</p>	<p>Патент РФ 2464755</p>	<p>Низкое качество крошения</p>
 <p>Фиг. 1</p>	<p>Патент РФ 2507730</p>	<p>Большая защитная зона не равномерность крошения почвы</p>

## 1.6 Выводы по главе

Проведенный анализ конструкций рабочих органов показывает, что наиболее перспективными с точки зрения выполнения агротехнических требований, изменяющихся климатических условий, а так же по вопросам энергоемкости процесса являются бесприводные ротационные рабочие органы способствующие крошению почвы.

Существующие стрелчатые лапы и некоторые конструкции ротационных рабочих органов не всегда можно использовать с учетом почвенно-климатических условий и физико-механических свойств почвы, в следствии чего вышеуказанные рабочие органы не всегда удовлетворяют агротехническим требованиям при междурядной обработки культурных растений. Одним из способов решения вопроса рациональной интенсификации междурядной обработки почвы является создание эффективных рабочих органов с принципиально новым принципом воздействия на обрабатываемую среду, отвечающего требованиям экологических технологий и позволяющего получать гарантированные урожаи экологически чистых сельскохозяйственных культур. Поэтому разработка конструкции бесприводного ротационного рабочего органа является актуальной задачей.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Обоснование ротационного бесприводного рабочего органа.

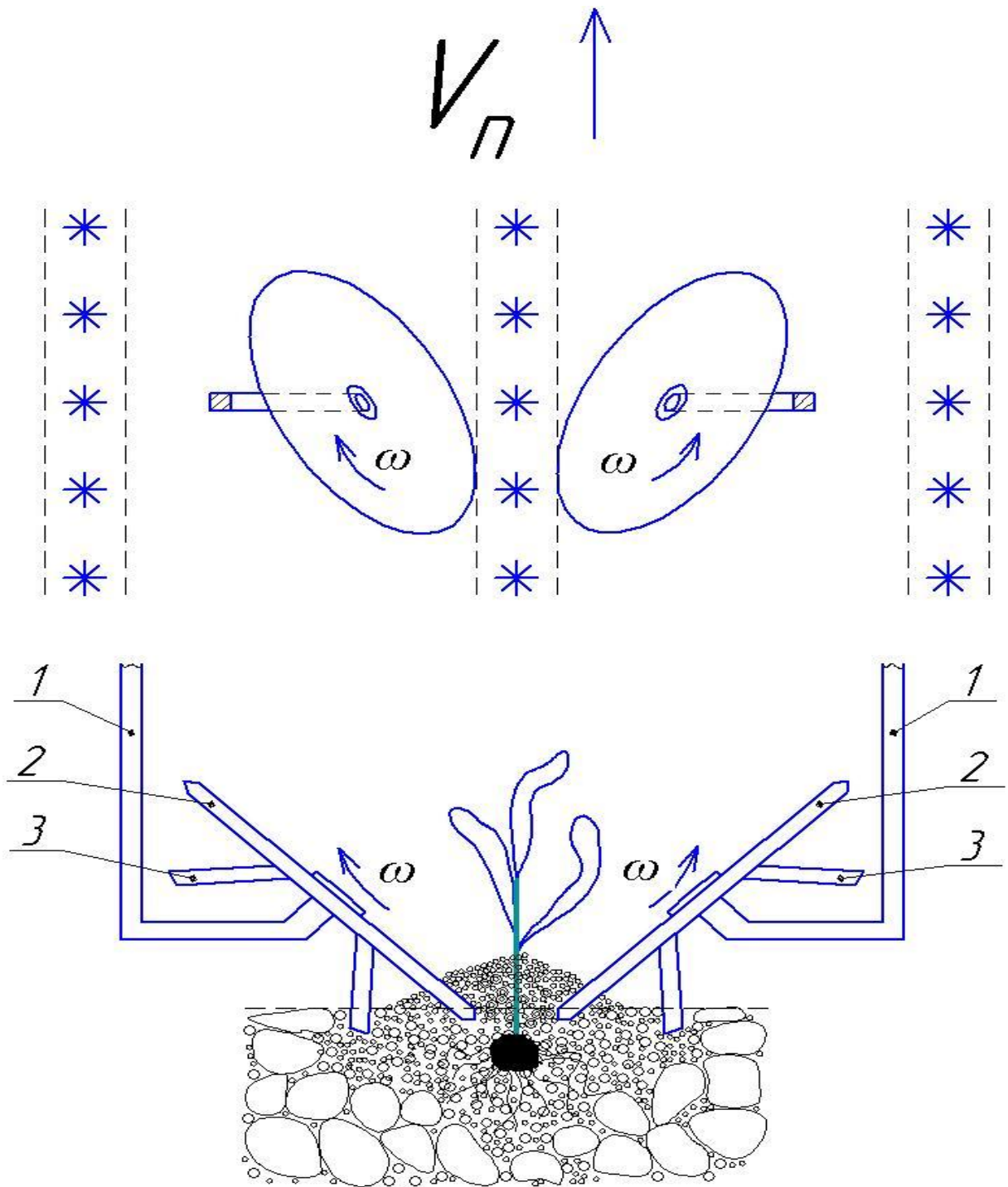
Для благоприятного роста и развития растений необходимо создавать благоприятные условия. В засушливый период уменьшить скорость испарения, во влажный период обеспечить беспрепятственное прохождение влаги в нижние слои почвы

Это достигается тем, что обработку почвы осуществляют с формированием верхнего и нижнего слоев, предварительно обработав на глубину до 10-15 см путем лущения и вспашки или глубокого рыхления на глубину 25-30 см. При уходе за растениями необходимо формировать нижний слой на глубину от 4 до 6 см с мелкозернистой структурой, с размером почвенных агрегатов от 0,25 до 3 мм и плотностью 1,1 - 1,25 г/ , и верхний рыхлый слой глубиной до 4 см мелкозернистой структуры с размером почвенных агрегатов от 0,25 до 3 мм.

Такая обработка позволяет создать выровненный сухой верхний и нижний уплотненный слои почвы. При этом верхний сухой (мульчирующий) слой уменьшает расход влаги на физическое испарение, улавливает атмосферные осадки даже малой интенсивности. Уплотненный нижний слой уменьшает процесс конвекции и диффузии, "запирает" движение парообразной и пленочной влаги из нижних слоев почвы. Почва одновременно самоувлажняется за счет процесса капиллярной конденсации. Кроме того, являясь увлажненным или влажным, этот слой служит хорошим проводником атмосферных осадков в нижний пласт почвы, который является, в свою очередь, источником влаги, поступающей по капиллярам при засушливых погодных условиях.

Для создания необходимых условий развития растений, почву необходимо обрабатывать не только в междурядье, но и защитных зонах растений.

Для этого предлагается конструкция ротационного бесприводного рабочего органа. Рабочий орган выполнен из двух дисков: диск большого диаметра из полимерного материала, диск малого диаметра из стали. Рабочий процесс (рисунок 2.1) протекает следующим образом: иглообразные пальцы большого диска внедряются сбоку к растению под углом в обрабатываемую почву и совершают рабочий ход. В результате воздействия двух дисков в поверхностном слое на разную глубину, возникают деформации сдвига между иглами дисков, что способствует качественному крошению почвы, вычёсыванию сорных растений. Степень взаимодействия игл с почвой регулируется поворотом изогнутой оси на определенный угол относительно горизонтального положения плоскости изгиба. Иглы диска, большого диаметра, работают на небольшой глубине, вычёсывают сорные растения в защитных зонах. Иглы диска малого диаметра работают на большую глубину, тем самым создавая благоприятные условия для развития корневой системы растений и сохраняя влагу.



1- стойка, 2- первый ряд игольчатых дисков, 3- второй ряд игольчатых дисков

Рисунок 2.1 Схема технологического процесса работы ротационного бесприводного рабочего органа.

В процессе обработки почвы рабочий орган совершает сложные движения в результате чего испытывает переменные нагрузки. В связи с этим

конструктивные параметры ступицы определяются из условия прочности, технологичности изготовления изогнутой оси и размеров выбранных подшипников качения игольчатых дисков.

В проектируемой конструкции используются подшипники 180503 на ступице и руководствуясь агротехническими требованиями обработки почвы на глубину до 10 см, был определён минимальный радиус игольчатого диска  $R = 0,18$  м.

Из условия прочности стали 65Г (материал игл) и удельного сопротивления наиболее тяжелых связных почв был определён минимальный диаметр иглы  $d - 11,2$  мм. Поэтому в качестве материала игл используем прутки (прокат) диаметром 12 мм, что обеспечит оптимальный коэффициент запаса прочности.

## 2.2 Уравнение движения рабочего органа

Основные показатели качества работы (степень крошения почвы, структурный состав поверхностного слоя, профиль борозды) и технические характеристики (энергозатраты и кинематический режим работы) ротационных бесприводных рабочих органов зависят от конструктивных параметров, а так же от соотношения угловой скорости вращения рабочих органов и скорости поступательного движения, от диаметра барабана, числа рабочих органов, скорости резания и других факторов.

В зависимости от формы рабочего органа (цилиндрический, конический), способа привода, расположения геометрической оси и направления вращения ротационного рабочего органа, он движется в почве по различным сложным траекториям. Основные траектории движения рабочих органов - циклоиды (трохоиды) - могут быть удлиненными (для почвофрез, ротационных плугов и др.), почти обыкновенными (в ротационных боронах, мотыгах, катках и др.), укороченными и удлиненными (для ротационных машин с коническими барабанами). По криволинейным

траекториям движутся рабочие органы ротационных машин, оси барабанов которых установлены афронтально к направлению движения или наклонены к горизонтали на определенный угол.

Уравнения движения рабочего органа описывается в общем виде следующими уравнениями [8], которые характеризуют работу любого ротационного рабочего органа (2.1):

(2.1)

Для проектируемого рабочего органа бесприводного действия уравнение движения будет иметь следующий вид :

(2.2)

### 2.3 Абсолютная скорость и ускорение

Скорость резания, или абсолютная скорость, - одна из важнейших технологических характеристик работы ротационных рабочих машин и органов. От скорости зависит степень крошения комков, выравнивание поверхности поля и перемещения почвы рабочими органами, а также энергозатраты. При одновременном увеличении или уменьшении окружной и поступательной скоростей абсолютная скорость увеличивается или уменьшается в такой же степени, вызывая соответствующее увеличение или уменьшение затрат энергии.



Для повышения эффективности механической обработки почвы в междурядьях сельскохозяйственных культур и уменьшение защитной зоны возле культурных растений можно добиться следующим образом:

- обработка поверхности почвы рабочими органами ротационного типа с учётом особенности корневой системы растения;
- воздействием рабочих органов игольчатого типа на почвы должно сопровождаться вычёсыванием сорных растений на поверхность поля с одновременным тщательным измельчением;
- созданием возле растения взрыхленного гребня почвы с целью создания благоприятных условий для развития корневой системы растения.

Данное условие выполняется за счёт сложного движения ротационного рабочего органа и соблюдение кинематического режима работы.

Кинематический режим работы бесприводного ротационного рабочего органа влияет на качество, структуру почвы и другие агротехнические показатели. Междурядная обработка почвы проводится с целью придания почве определённой структуры, создания благоприятных условий для накопления и сохранения влаги, питательных веществ, уничтожение сорняков, изменения профиля борозды и состояния поверхности междурядий, в конечном счёте это влияет на продуктивность и качество будущего урожая. Одной из сложных задач по обработке почвы является улучшение ее физических свойств, установлено, что твердость и плотность почвы в значительной мере влияет на урожайность культур, незначительно изменение этих параметров на  $0,1...0,3$  г/ приводит к снижению урожайности на 20-40 %[7]. Кроме того рыхление почвы до мелко-структурного состояния позволяет обеспечить оптимальную плотность почвы уменьшить испарение влаги и активизировать жизнедеятельность полезных микроорганизмов.

Поэтому определение абсолютной скорости рабочего органа бесприводного типа важно для анализа процесса отбрасывания и перемещения почвы.

Абсолютная скорость крайней наружной точки рабочего органа определяется путем взятия производной от перемещения по трем осям  $x, y, z$ :

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} \quad (2.3)$$

где —

—

—

Уравнение (2.2) общее для любой ротационной машины.

Для проектируемого рабочего органа бесприводного действия абсолютное значение скорости будет иметь следующее выражение (2.4):

$$v = \omega \cdot r \quad (2.5)$$

Важным показателем характеризующим работу ротационного рабочего органа является показатель кинематического режима ( $\lambda$ ), который определяется выражением:

$$\lambda = \frac{v}{\omega \cdot r} \quad (2.6)$$

где — абсолютная скорость рабочего органа бесприводного типа;

— окружная скорость рабочего органа бесприводного типа;

Исследователями было установлено влияние изменения показателя кинематического режима на процесс обработки ротационным рабочим органом бесприводного типа. На рис. 2 изображены зависимости величины от угла афронтальности  $\gamma$  и скоростного параметра  $\lambda$  за один оборот барабана. Из графика видно, что — . Минимум приходится на

рабочую зону (0...30 и 330...360), что благоприятно с точки зрения уменьшения расхода энергии на рыхление почвы. С увеличением угла афронтальности абсолютная скорость за один оборот изменяется незначительно.

Ускорение рабочего органа ротационной машины бесприводного типа определяется аналогично скорости следующим образом (2.7):

$$\frac{a_{\text{раб.орг.}}}{a_{\text{диск}}} = \frac{r_{\text{раб.орг.}}}{r_{\text{диск}}} \cdot \frac{\omega_{\text{раб.орг.}}^2}{\omega_{\text{диск}}^2} \quad (2.7)$$

Таким образом ускорение ротационного рабочего органа бесприводного действия пропорционально радиусу и квадрату угловой скорости диска.

2.4 Обоснование числа элементов ротационного бесприводного рабочего органа.

Количество игл на одном игольчатом диске возможно определить двумя способами - по длине дуги и хорде между иглами. Для этого составим расчетную схему (рисунок 2.2).

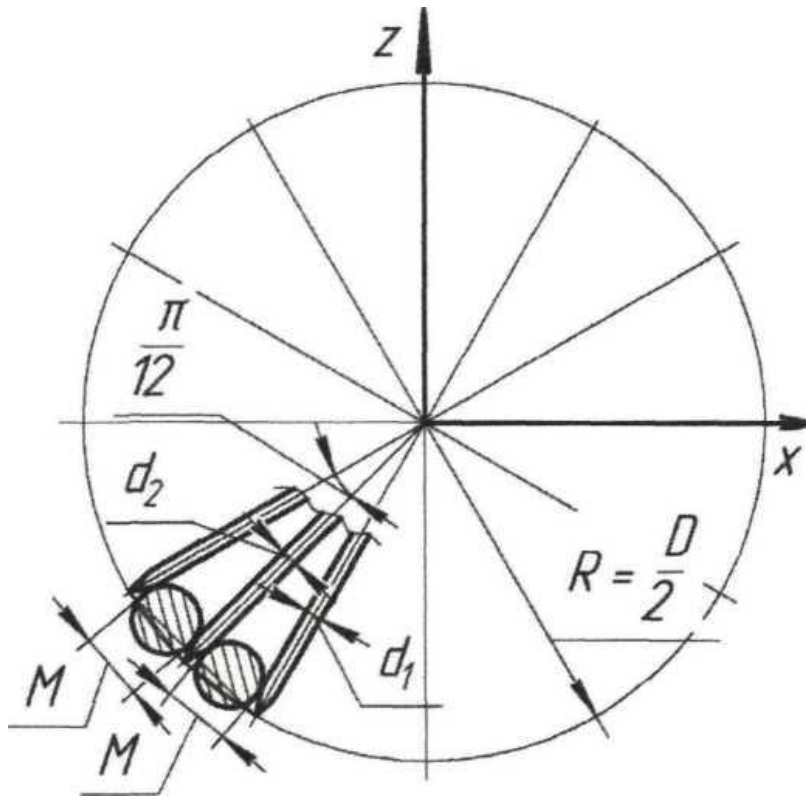


Рисунок 2.2 - К определению количества игл на диске

Для определения количества игл по длине хорды воспользуемся теоремой косинусов, согласно которой можно записать:

$$\begin{aligned} (d_{иг} + M)^2 &= R^2 + R^2 - 2R \cdot R \cos \alpha; \\ (d_{иг} + M)^2 &= 2R^2 - 2R^2 \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.8)$$

где  $d_{иг}$  - диаметр иглы диска, мм ( $d_{иг} = 11,6$  мм);  $M$  - размер комков, мм;  $R$  - радиус игольчатого диска, мм;  $\alpha$  - угол между двумя смежными иглами, град.

Преобразуя (2.8) получим:

$$(d_{иг} + M)^2 = 2R^2(1 - \cos \alpha) \quad (2.9)$$

где  $n_1$  - количество игл на диске;  $n_2$  - количество взаимодействующих дисков, шт. (в нашем случае  $n_2 = 1$ ).

Дальнейшие преобразования (2.9) позволили получить выражение:

$$\frac{\pi M}{4d} \quad (2.10)$$

Для случая, когда  $M < 20$  мм при диаметре иглы  $d = 12$  мм, используя (2.10) получим:

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d}$$

При  $M < 30$  мм:

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d}$$

Расчет количества игл по длине дуге окружности ведем с учетом размера комков. Получим:

$$M = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.11)$$

При условии, что  $d_1 = d_2 = d_3 = 11,6$  мм  $\approx 12$  мм и с учётом (2.11) получаем:

$$\frac{\pi d^2}{4} = M + \frac{\pi d^2}{4};$$

$$n_1 n_2 = \frac{\pi M}{4d} \quad (2.12)$$

Отсюда выражение для расчета количества игл (по дуге окружности):

$$\frac{\pi M}{4d} \quad (2.13)$$

Тогда, согласно (2.13) для комков размером  $M < 20$  мм количество игл будет равно:

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d} = 37,2 \text{ шт.}$$

а для комков размером  $M < 30$  мм

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d}$$

С учетом заглубления игл на  $a$  (мм) выражение (2.13) примет вид:

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d} \quad (2.14)$$

Или

$$n_1 = \frac{\pi M}{4d} \quad (2.15)$$

Используя (2.15), количество игл для случая  $M = 20\text{мм}$ ,  $n_2 = 2$ ,  $a = 20\text{мм}$  составит:

$$n_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Для случая  $M = 30\text{мм}$ ,  $n_2 = 2$ ,  $a = 20\text{мм}$ :

$$n_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

В зависимости от выполнения агротехнических требований и структуры почвы количество игл на большом диске может приниматься от 24 до 36 штук.

Следует отметить, что анализируя опыт эксплуатации однорядных игольчатых дисков, размер области разрушения во многом зависит от твердости, связности почвы, а так же устойчивость глубины хода игольчатых дисков, на повышенных скоростях ухудшается вследствие возрастания сопротивления на деформацию. Поэтому определение угла расположения второго ряда игольчатых дисков планируется осуществить по результатам лабораторно-полевых опытов.

### 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Программа экспериментальных исследований

Программа экспериментальных полевых опытов составлялась на основе поставленных задач и результатов теоретических исследований, которая включает:

- проведение сравнительных опытов различных рабочих органов для междурядной обработки почвы;
- изготовление экспериментального бесприводного ротационного рабочего органа для пропашного культиватора КРН;
- определение влажности почвы на участках при возделывании кукурузы и картофеля, обрабатываемых опытным образцом бесприводным ротационным рабочим органом для пропашного культиватора КРН;
- исследования влияния воздействия бесприводного ротационного рабочего органа на структуру и твердость почвы.

Лабораторно-полевые исследования проводились согласно ОСТ 10 4.2 — 2001 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональности показателей», ОСТ 10 4.6 - 2003 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования» [10,11].

#### 3.2 Беспроводный ротационный рабочий орган

Для уточнения основных конструктивных параметров нами изготовлен образец бесприводного ротационного рабочего органа (рисунок 3.1). Рабочий орган состоит из стойки 1, к которой крепится шарнирный узел 3, с помощью которого возможно изменение угла афронтальности игольчатого диска 2.

Бесприводный ротационный рабочий орган устанавливается на культиватор растенепитатель семейства КРН на шарнирную секцию, что позволяет копировать рельеф местности.



1- Стойка, 2- игольчатый рабочий орган, 3- шарнирный узел

Рисунок 3.1 - Фотография экспериментального рабочего органа.

Таблица 3.1 - Характеристика рабочего органа

№ п/п	Параметр	Единицы измерения	Величина
1	Диаметр рабочего органа	м	0,38
2	Ширина обработки	м	0,01-0,15
3	Диаметр игл	мм	12
4	Диапазон регулирования	град.	0-180
5	Высота стойки	м	0,45

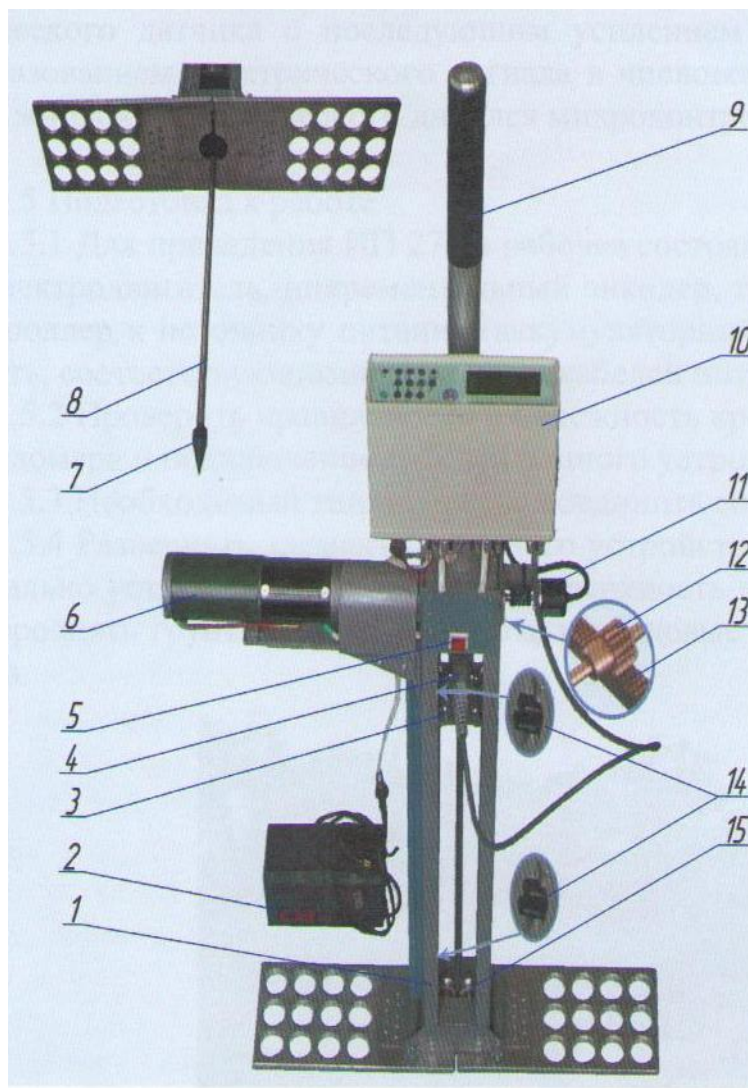


### 3.3 Методика определения твердости почвы

Твердость как важный и относительно просто определяемый энергетический показатель может использоваться при разработке новых вариантов почвообрабатывающих орудий. Цель таких исследований может состоять в разработке энергомалоємких рабочих органов для рыхления так называемых проблемных почв - сцементированных, слитых, плотных, плохо поддающихся крошению и не создающих после прохода оптимального строения почв.

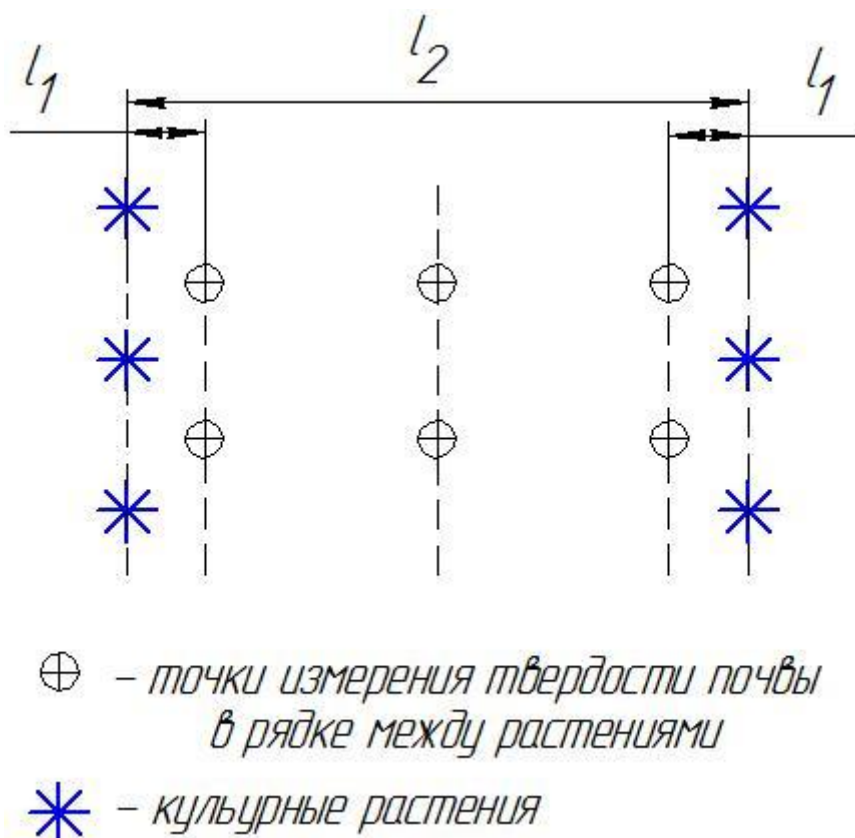
Твердость - свойство почвы в естественном сложении сопротивляться сжатию и расклиниванию. Твердость почвы оказывает механическое сопротивление развивающейся корневой системе растений, часто обуславливает снижение всхожести семян, влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, тяговые сопротивления почвообрабатывающих машин и орудий.

Твердость почвы измеряют прибором ИП-271, предназначенным для измерения силы сопротивления почвы погружаемому плунжеру при ее разрезании, расклинивании или сдавливании, определяемой при испытаниях, в том числе и по ГОСТ 20915-75 1.1.2



1 - корпус с опорным устройством; 2 - аккумуляторная батарея; 3 - направляющая каретка; 4-тензометрический датчик; 5-кнопка выдвижения плунжера; 6 - реверсивного мотор-редуктора 7 - плунжер; 8- 9- кожух штока зубчатой рейки; 10 - электронный блок с пультом управления и микроконтроллером; 11- датчик перемещения (датчик угла поворота энкодер); 12 - шестерня на валу закрепленная в корпусе кронштейнами; 13 - зубчатая рейка; 14 - датчики верхнего и нижнего положения плунжера; 15 - кронштейн с прижимными роликами для штока.

Рисунок 3.2 - Общий вид ИП 271



- ширина защитной зоны растения, - ширина междурядья

Рисунок 3.3 - Схема размещения точек при исследовании твердости  
почвы

### 3.4 Методика определения влажности почвы

Пробы почвы для определения влажности отбирались в полевых условиях специальным игольчатым буром, погружая его в почву на заданную глубину обработки. Глубину погружения бура в почву определялась по рискам, нанесенным на внешнюю часть бура. Повернув 1—2 раза по часовой стрелке, бур извлекали, и почву, находящуюся в его полости, помещали в предварительно взвешенный стаканчик, который быстро закрывали крышкой и взвешивали в лабораторных условиях и взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г, затем крышки

открывают, стаканчики с почвой помещали в сушильный шкаф и высушивали до постоянной массы при температуре 105°C.

Продолжительность сушки зависит от влажности почвы и температуры в сушильном шкафу. Первый раз почву взвешивали после 6-часовой сушки, для чего стаканчики с почвой щипцами извлекали из сушильного шкафа, закрывали крышками и помещали в эксикатор с  $\text{CaCl}_2$  для охлаждения. Когда стаканчики охлаждались до комнатной температуры, их взвешивали, затем открывали крышки и помещали в сушильный шкаф для контрольной сушки. Через 1—2 ч их вновь извлекали из шкафа, охлаждали и взвешивали. Расхождения в массе после повторной сушки не должны были превышать 0,05 г.

Когда устанавливалась постоянная масса, взвешивания прекращали, стаканчики освобождали от почвы; при необходимости их мыли и сушили.

Влажность почвы определяют по формуле (3.1):

$$\text{---} \quad (3.1)$$

$V_0$  — искомая величина, %;  $V$  — масса алюминиевого стаканчика, г;  $V_1$  — масса стаканчика с почвой до сушки, г;  $V_2$  — масса стаканчика с сухой почвой, г.

### 3.5 Исследование степени крошения почвы.

При определении степени крошения почвенные пробы брались с участка каждого варианта опыта согласно участка общепринятой методике в четырех местах по диагонали участка, соответствующих проходам агрегата в обоих направлениях. Для этого использовали специальный совок. Разделение почвы на фракции производили по методике ГОСТ 2911-54, ОСТ 70.4.1.-74.[10,11] Кроме того, с целью определения распыления почвы был определен ее агрегатный состав до и после прохода агрегата. Взятие проб почвы из

обработанной зоны бесприводным ротационным рабочим органом производилось с помощью специального совка, который в поперечном сечении схож с поперечным сечением борозды, с полным извлечением взрыхленного слоя на участке длиной 15 ... 20 см (равно по массе около 1,5 ... 1,8 кг). Интервал взятия проб, равный 2,0 ... 2,5 м, равномерный по всей длине борозды (не менее 4-х проб). Пробы почвы осторожно во избежание дополнительного дробления сразу же пропускались через набор решет с размерами отверстий 25x25 мм, диаметром 10, 5, 2,5 и 1,0 мм. Решета в наборе располагались друг под другом в порядке уменьшения размеров отверстий. Разделение на фракции обеспечивалось небольшими колебаниями решет вручную, просеивались на поддон для последующего изучения и взвешивания.

При этом определяли количество пыли (частиц диаметром меньше 0,25мм) и общее количество эрозионноопасных частиц размером до 1 мм.

Степень крошения почвы  $K_n$  в процентах определялось как отношение массы части  $n$ -ой фракции  $i$ -ой пробы  $M_{ni}$  в килограммах, к общей массе пробы  $M_i$  в килограммах, по следующей формуле:

$$\text{---} \quad (3.2)$$

### 3.6 Исследование гребнистости.

Поперечный профиль образованной борозды после прохода рабочего органа влияет на дальнейшее развитие растений, аэробные процессы происходящие в почве, на содержание влаги в прикорневой зоне растения. Чем лучше сформирован поперечный профиль борозды, тем лучше развивается растение в последующий период вегетации.

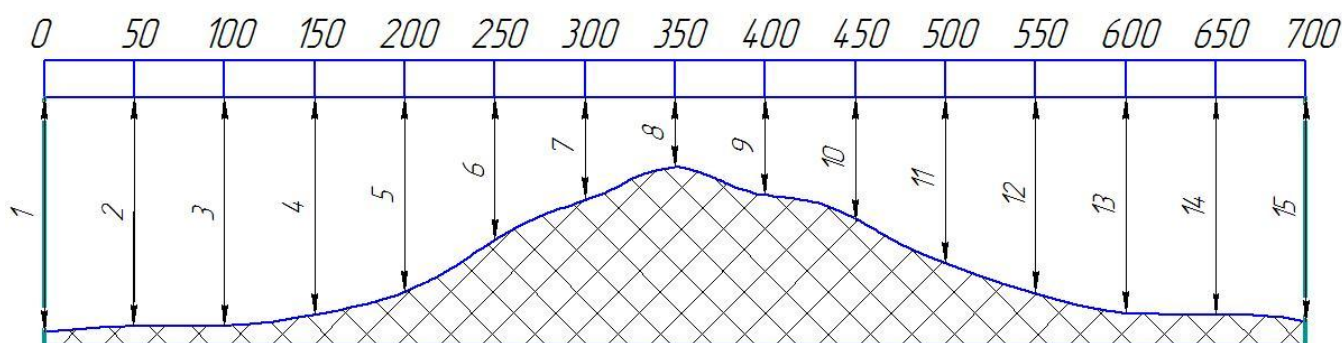


Рисунок 3.3 Схема к определению поперечного профиля борозды

Поперечное профилирование проводилось после прохода рабочего органа, то есть определялась гребнистость поверхности. Замеры проводились через каждые 5 см по всей ширине захвата рабочего органа. Для этого после прохода агрегата были вбиты две опорные стойки, поперек направления движения, на которые устанавливалась координатная рейка длиной 1,4 м, горизонтальность рейки проверялась по уровню. Расстояние от поверхности поля до верхней стороны рейки измеряли линейкой по всей ширине с интервалом 1 см. После этого снимался поперечный профиль до прохода агрегата. По этим данным на миллиметровой бумаге вычерчивались профили поверхности до и после прохода агрегата. По ним определялись гребнистость обработанного слоя почвы и высота гребней возле растений, образовавшихся между смежными рабочими органами.

Гребнистость почвы в процентах вычисляли по формуле:

$$\text{Гребнистость} = \frac{L - L_0}{L} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

Где  $L$  - длина прямой линии поперек направления обработки;

$L_0$  - длина ломаной линии копирования микрорельефа поля

### 3.7 Обработка экспериментальных данных и оценка точности измерений

При проведении опытов необходимо свести к минимуму ошибки измерений, для того чтобы получить максимальные достоверные данные. Для этого применяем математическую статистику. Оценка погрешности результатов измерений регламентируется стандартом ГОСТ 8.207–76.

При измерении величин нами были применены приборы, которые обеспечивают наибольшую точность измерений. Все приборы перед началом измерений тщательно тарировали и настраивали. Измеряемые параметры замерялись в необходимом количестве и определенной последовательности. Во время испытаний контролировали факторы, которые влияют на результат испытаний и исключили систематические погрешности.

Графики построены по средним величинам опытных данных.

Для этого вычисляем среднее арифметическое значения:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.4)$$

где  $x_i$  - результат при  $i$ -ом измерении;

$n$  - количество проведенных измерений;

$\bar{x}$  - среднее арифметическое значения.

Далее вычисляем среднюю квадратическую ошибку. Средняя квадратическая ошибка вычисляется чтобы учесть отклонения  $\bar{x}$  от искомого значения.

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

где  $\sigma$  - средняя квадратическая ошибка;

$x_i$  - результат при  $i$ -ом измерении;

$n$  - количество проведенных измерений;

$\bar{x}$  - среднее арифметическое значения.

Средняя квадратическая погрешность является числовой характеристикой качества совокупности измерений, для которых она вычислена или задана. Чем выше  $\sigma$ , тем хуже получается качество измерений. Если есть результаты измерений, которые содержат промахи, то их нужно отбросить [22].

Вычисляем среднюю квадратическую отклонению результата измерения:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x}^2}{n(n-1)}}, \quad (3.6)$$

где  $\sigma$  - средняя квадратическая отклонения;

$x_i$  - результат при  $i$ -ом измерении;

$n$  - количество проведенных измерений;

$\bar{x}$  - среднее арифметическое значения.

Доверительная вероятность  $P = 0,95$  принимается при проведении технических измерений, а  $P = 0,99$  – при проведении метрологических измерений.

Вычисляем неисключенную систематическую погрешность  $\Theta$  (систематическую составляющую погрешности) результата измерения. В качестве  $k$  принимаются пределы допускаемых дополнительных и основных погрешностей средств измерений.

Формула для определения неисключенную систематическую погрешность;



$$\theta = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_j^2}, \quad (3.7)$$

где  $\theta_j^2$  – неисключенная  $j$ -я систематическая погрешность (НСП);

$m$  – сумма чисел НСП;

$k$  – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и числом слагаемых  $m$ .

По формуле вычисляем суммарное среднее квадратическое отклонение (абсолютная погрешность).

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 \bar{x} + \sigma^2 \theta}, \quad (3.8)$$

Величина  $\sigma_{\Sigma}$  определенная по формуле является абсолютной погрешностью. Очевидно, что при измерении некоторой большой величины при одном и том же значении  $\sigma_{\Sigma}$  результат может оказаться достаточно точным, тогда как при измерении малой величины его точность будет недостаточной.

Поэтому принимается и относительная погрешность, которая определяем как;

$$\delta = \frac{\sigma_{\Sigma}}{\bar{x}}, \quad (3.9)$$

Относительная погрешность выражаем в процентах.

#### 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРИТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

##### 4.1 Определения твердости почвы

Согласно выше изложенной методике лабораторно-полевых исследований проводилось определение твердости почвы в междурядье пропашных культур на серо-лесных почвах твердомером ИП-271. Твердость почвы определялась в горизонтах от 0...80 мм через каждые 20 мм в трех точках по ширине междурядья. Результаты измерений представлены в приложении 1.

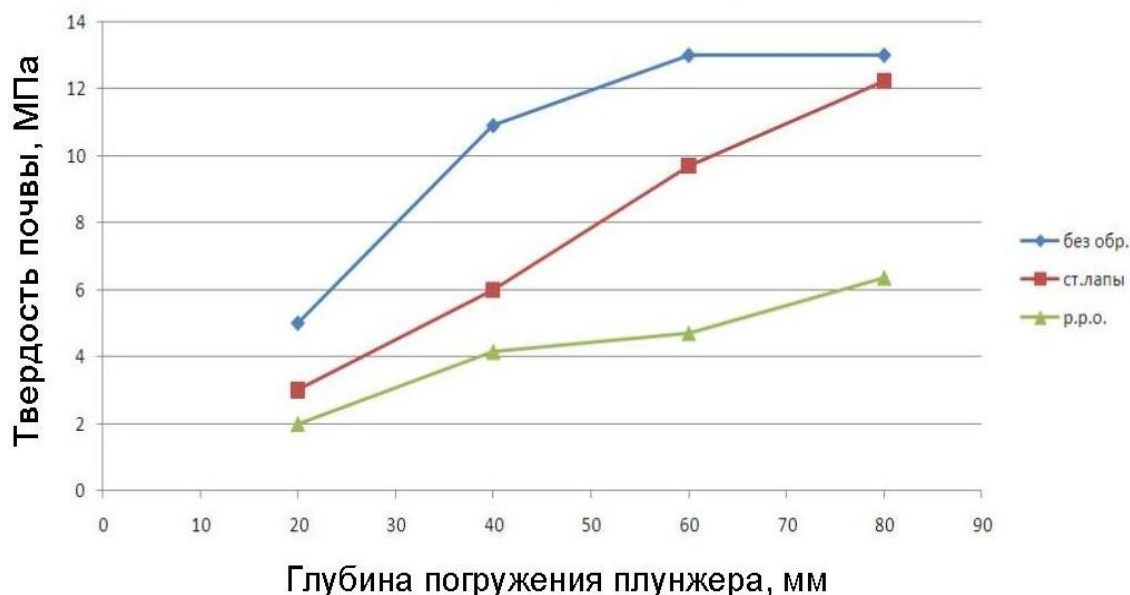


Рисунок 4.1 Зависимость твердости почвы от глубины обработки

Результаты экспериментов показали, что твердость почвы в прикорневой зоне на участке обработанном бесприводным ротационным рабочим органом на глубине обработки 20-40 мм меньше на 20% по сравнению с участком обработанном универсальной стрелчатой лапой, а на глубине обработки 60-90 мм соответственно меньше на 37%. Таким образом это создаст благоприятные условия для развития корневой системы и уменьшение испарения влаги

#### 4.2. Лабораторно-полевые исследования по определению влажности почвы

Агротехническая оценка по определению влажности проводилась в период вегетации растений с 15 июня по 20 июня 2017 года, при возделывании картофеля и кукурузы. В начальный период измерения стояла сухая, теплая погода при среднесуточной температуре  $+18^{\circ}\text{C}$ , во второй период наблюдались кратковременные дожди с понижением температуры до среднесуточного значения  $+12^{\circ}\text{C}$ , таким образом полевые испытания рабочего органа осуществлялись на участках разной влажности.

Таблица 4.1. Показатели влажности почвы

Глубина обработки	Влажность почвы, %	
	Первый период	Второй период
0-4 см	15	44
4-8 см	25	46

Результаты определения влажности почвы показали, что в сухую, теплую погоду влажность почвы составила в среднем 20%, а во второй период влажность почвы была в среднем 45%. При работе на влажных почвах традиционными стрельчатыми лапами наблюдается образование комков и налипание почвы на стойки лап. При обработке почвы повышенной влажности бесприводным ротационным рабочим органом качество обработки почвы выше и наблюдается самоочищение игольчатых элементов рабочего органа.

#### 4.3 Определение фракционного состава почвы

Опыты по определению фракционного состава почвы после обработки обычными традиционными стрельчатыми лапами и бесприводным ротационным рабочим органом проводились при показателях влажности почвы в среднем 20% и 45%. Рабочий процесс осуществлялся на 4 передаче

при скорости 7 км\ч. Результаты опытов представлены в таблице 4.2 и приложении 3.

Таблица 4.2 - Фракционный состав почвы, разрыхленной бесприводным ротационным рабочим органом, и результаты статистической обработки

Измерения	Фракции почвы, г				Общая масса
	до 1,0 мм	1,0...5,0 мм	5,0...10,0 мм	10,0...25,0 мм	
1	95	782	344	411	1632
2	102	803	414	375	1694
3	159	755	608	357	1879
4	79	796	343	376	1594
5	122	734	388	361	1605
6	87	791	357	407	1642
7	145	689	509	428	1771
8	118	751	371	407	1647
9	106	811	402	417	1736
10	53	613	514	344	1430
Ср. значение	106,6	752,5	415,6	388,3	1663
Содержание фракции К, %	6,41	45,25	24,99	23,35	100

Результаты исследований показывают, что степень крошения почвы разработанным бесприводным ротационным рабочим органом соответствует агротехническим требованиям, обеспечивает более высокий показатель крошения, чем обработка почвы традиционными стрелчатыми лапами (приложение 3). Кроме того, при обработке почвы бесприводным ротационным рабочим органом хорошие результаты крошения так же наблюдаются на почвах повышенной влажности, при этом отсутствуют фракции размером более 25 мм. Сравнительные результаты опытов представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3 Сравнительный анализ агрегатного состава

Измерения	Степень крошения по фракциям			
	менее 1,0 мм	1,0...5,0 мм	5,0...10 мм	более 10 мм
	к, %	к, %	к, %	к, %
После обработки стрельчатыми лапами	4,3	7,7	19,7	68,3
После обработки бесприводным ротационным рабочим органом	6,41	45,25	24,99	23,35

По результатам экспериментов при обработке почвы нами сделаны следующие выводы. При обработке бесприводным ротационным рабочим органом пропашных культур наблюдается интенсивное крошение комков размером более 1 мм на фракции 1,0 ... 5,0 мм и 5,0 ... 10,0 мм; уменьшение доли крупных комков с 68,3 до 23,35 %. За счет такого воздействия агротехнически ценная фракция размером 10 мм после обработки составила 48,34 %. Кроме того, при обработке поверхности поля нами наблюдалось увеличение пылевидной фракции до 6, 41 %, которое, однако, не превысило 9,0%. Это говорит о правильном подборе числа игл на рабочем органе.

Кроме того при обработке засорённых участков бесприводным ротационным рабочим органом наблюдалось вычёсывание сорных растений вместе с корневой системой, что положительно сказывается на уничтожение сорняков. Степень уничтожения сорняков составила 93%, в случае обработки почвы стрельчатыми лапами происходит срез сорного растения, что приводит к последующему произрастанию сорного растения из остатка корневой системы (приложение 4).

Степень приживаемости сорняков заметно уменьшается с увеличением рабочей скорости агрегата, так при обработке бесприводным ротационным рабочим органом средняя степень приживаемости составляет 1,5 %, а

стрельчатой лапой 12%, отсюда следует, что сорные растения уничтоженные разработанным рабочим органом обладает минимальной приживаемостью, это объясняется тем, что с увеличением поступательной скорости увеличивается воздействие рабочих элементов на сорную растительность. В результате сорняки получают значительное ускорение сопровождающееся ударной силой которая отбрасывает их на поверхность, что приводит к дальнейшему высыханию и уничтожению.

#### 4.4 Определение гребнистости рельефа обработанного участка

Одним из основных показателей характеризующим микро рельеф поверхности поля является гребнистость поэтому при оценки работы почвообрабатывающего органа этот показатель играет важную роль. В таблице, в приложении (4) представлены результаты исследования.

Таблица 4.4 Результаты измерения поперечного профиля борозды

№ п.п.	Диапазон измерений, мм	Высота профиля, мм			
		1 участок	2 участок	3 участок	Среднее значение
1	2	3	4	5	6
1	0	5	6	7	6
2	50	7	7	8	7,3
3	100	6	5	7	6
4	150	8	10	9	9
5	200	15	16	18	16,3
6	250	35	40	38	37,7
7	300	68	72	70	70

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
8	350	92	98	110	100
9	400	70	75	73	72,7
10	450	44	48	46	46
11	500	16	17	15	16
12	550	10	12	9	10,3
13	600	7	9	6	7,3
14	650	7	6	7	6,7
15	700	6	5	6	5,7

Результатами исследования установлено, что при увеличении поступательной скорости гребнистость увеличивается, это объясняется тем, что при поступательной скорости агрегата увеличивается коэффициент кинематического режима работы ротационного органа, т.е. увеличивается угловая скорость, что приводит к усилению отброса почвы от центра междурядия к корневой системе растения. При скорости движения 7-9 км/ч высота гребней составляла в пределах 8-11 см, в то время как после обработки стрельчатыми лапами гребнистость составляла 1,5-2 см на расстоянии 5-6 см от стебля культурных растений.

#### 4.5. Экономическое обоснование

##### 4.5.1 Экономическое обоснование конструкции

Целью экономического обоснования является установление экономической эффективности конструкции культиватора.

За базу для сравнения принимается междурядный пропашной культиватор КРН, оснащенный пассивными рабочими органами. Масса культиватора 490 кг, рабочая скорость –12 км/ч, производительность 5 га/ч, балансовая стоимость 150 тыс. руб.

##### 4.5.2 Расчет массы культиватора

Масса конструкции определяется по формуле:

$$G = (G_k \cdot G_r) \cdot k, \quad (4.1)$$

где  $G_k$  - масса сконструированных деталей, кг;

$G_r$  - масса готовых деталей, кг;

$k$  – коэффициент массы материалов ( $k=1,05 \dots 1,1$ ).

$$G = (75 + 550) \cdot 1,05 = 653,1, \text{ кг}$$

Таблица 4.5. – Расчет массы сконструированных деталей

Наименование деталей	Объем детали, см <sup>3</sup>	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Массы детали, кг	Количес тво деталей, шт	Общая масса, кг
Ротационный адаптер	141000	0,000043	6	6	36



#### 4.5.3 Расчет балансовой стоимости культиватора

Для определения балансовой стоимости культиватора используем способ аналогии.

Способ аналогии используется при проектировании усовершенствования отдельных рабочих органов существующих конструкций машин, оборудования и приспособлений.

Причем определение балансовой стоимости новых конструкций производится на основе сопоставления ее отдельных параметров.

Для расчета балансовой стоимости в качестве параметра примем массу конструкции. Тогда формула для определения стоимости конструкции будет иметь следующий вид[2]:

$$C_{\delta 1} = \frac{C_{\delta 0} \cdot G_0 \cdot \delta}{G_1}, \quad (4.2)$$

где  $G_1$  – масса проектируемой конструкции, кг;

$G_0$  – масса базовой конструкции, кг;

$C_{\delta 0}$  – балансовая стоимость базовой конструкции, руб.;

$\delta$  – коэффициент удорожания (удешевления) проектируемой конструкции по отношению к базовой ( $\delta = 0,9 \dots 1,1$ ).

Как уже говорилось выше, в качестве базовой конструкции был принят культиватор КРН. По состоянию на февраль 2018 года, стоимость этого культиватора составила 150000 руб. Масса культиватора без подкормочного приспособления, с корпусами отвальчиками и подкормочными ножами составляет по паспортным данным 490 кг.

Так как в основу проектируемой конструкции был заложен гидропривод, то коэффициент удорожания возьмем наибольшим, т.е.  $\delta = 1,1$ . Тогда:

$$C_{61} = \frac{150000 \cdot 653,1 \cdot 1,1}{490} = 219921 \text{ руб.}$$

#### 4.5.4 Расчет технико-экономических показателей разработанной конструкции

Для сравнения технико-экономических показателей разрабатываемой конструкции выбираем существующий культиватор КРН

Исходные данные для расчета показателей приводим в таблицу 4.6.

Часовая производительность машины:

$$W_q = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (4.3)$$

где  $B_p$  – ширина захвата, м.

$V_p$  – рабочая скорость, км/ч.

$\tau$  – коэффициент использования рабочего времени  $\tau=0,8$ .

$$W_{e1} = 0,1 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 0,8 = 2,88 \text{ га / ч.}$$

$$W_{e0} = 0,1 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 0,8 = 3,36 \text{ га / ч.}$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле[2]:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_a}{W_q}, \quad (4.4)$$

где  $N_e$  – потребная мощность, кВт;

$W_q$  – часовая производительность агрегата, га/ч.

$$\mathfrak{E}_{e0} = \frac{36,8}{2,88} = 12,8, \text{ кВт ч/га}$$

$$\mathfrak{D}_{el} = \frac{36,8}{3,36} = 10,9, \text{ кВт ч/га.}$$

Таблица 4.6 - Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

Наименование	Трактора	Базовая	Новая
1	2	3	4
Масса, кг	3905	490	653,1
Потребная мощность, кВт	36,8	36,8	36,8
Балансовая стоимость, руб.	701000	150000	219921
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1	1
Разряд работы		4	4
Тарифная ставка, руб./норм.см.		535	535
Норма амортизационных отчислений, % (K=стоимость/(стоимость*кол. Лет)	10	10	10
Годовая загрузка, час/год	1200	59	44
Производительность, га/ч		2,88	3.36
Отчисления на ремонт, ТО	20	16	16

Фондоемкость процесса определяется по формуле[2]:

$$F_e = \frac{C'_b}{W_q \cdot T'_{год} \cdot T'_{см}} + \frac{C''_b}{W_q \cdot T''_{год} \cdot T''_{см}}, \quad (4.5)$$

где  $C'_b, C''_b$  - балансовая стоимость соответственно трактора и культиватора;

$T'_{год}, T''_{год}$  - годовая загрузка соответственно трактора и культиватора, руб.;

$T'_{сл}, T''_{сл}$  - срок службы соответственно трактора и культиватора, лет.

$$F_{e0} = \frac{701000}{2,88 \cdot 1200 \cdot 10} + \frac{150000}{2,88 \cdot 59 \cdot 10} = 108,556 \text{ руб/га}$$

$$F_{e1} = \frac{701000}{3,36 \cdot 1200 \cdot 10} + \frac{219921}{3,36 \cdot 44 \cdot 10} = 166,136 \text{ руб/га.}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле[2]:

$$M_e = \frac{G'}{W_q \cdot T'_{zod} \cdot T'_{cl}} + \frac{G''}{W_q \cdot T''_{zod} \cdot T''_{cl}}, \quad (4.6)$$

где  $G', G''$  – конструктивная масса соответственно трактора и культиватора, кг.

$$M_{e0} = \frac{3905}{2,88 \cdot 1200 \cdot 10} + \frac{490}{2,88 \cdot 59 \cdot 10} = 0,40 \text{ кг/га}$$

$$M_{e1} = \frac{3905}{3,36 \cdot 1200 \cdot 10} + \frac{490}{3,36 \cdot 44 \cdot 10} = 0,428 \text{ кг/га.}$$

Трудоемкость процесса определяется по формуле[2]:

$$T_e = \frac{1}{W_q}, \quad (4.7)$$

где 1 – количество обслуживающего агрегат персонала.

$$T_e = \frac{1}{2,88} = 0,35 \text{ чел. – ч/га}$$

$$T_e = \frac{1}{3,36} = 0,29 \text{ чел. – ч/га.}$$

Уровень эксплуатационных затрат определяется по формуле[2]:

$$S_{эксп} = C_{от} + C_{тсм} + C_{пто} + A, \quad (4.8)$$

где  $C_{от}$  – затраты на оплату труда, руб./га;

$C_{тсм}$  – затраты на топливно-смазочные материалы, руб./га;

$C_{\text{рто}}$  - затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

$A$  - отчисления на амортизацию, руб./га.

Затраты на оплату труда определяются по формуле[2]:

$$C_{\text{зн}} = z \cdot T_e \cdot K_d \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{сс}}, \quad (4.9)$$

где  $z$  – тарифная ставка рабочего данного разряда, руб/ч;

$K_d$  – коэффициент дополнительной оплаты ( $K_d=1,5$ );

$K_{\text{ст}}$  - коэффициент доплаты за стаж ( $K_{\text{ст}}=1,1$ );

$K_{\text{от}}$  - коэффициент оплаты отпуска ( $K_{\text{от}}=1,1$ );

$K_{\text{сс}}$  - коэффициент отчислений по социальному страхованию ( $K_{\text{сс}}=1,12$ ).

$$C_{\text{от0}} = 76,428571 \cdot 0,35 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 47,58 \text{ руб/га}$$

$$C_{\text{от1}} = 67,428571 \cdot 0,29 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 39,42 \text{ руб/га.}$$

Затраты на топливно-смазочные материалы определяются по формуле:

$$C_{\text{тсм}} = \Pi_{\text{комп}} \cdot q, \quad (4.10)$$

где  $\Pi_{\text{комп}}$  – комплексная цена единицы сложного горючего, руб/га;

$q$  – расход сложного горючего на единицу работы, кг/га.

$$C_{\text{тсм}} = 30 \cdot 3 = 90 \text{ руб/га}$$

$$C_{\text{тсм1}} = 30 \cdot 2,4 = 72 \text{ руб/га.}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле[2]:

$$C_{\text{эл}} = \mathcal{E}_1 \cdot \Pi_{\mathcal{E}}, \quad (4.11)$$

$$C_{\text{эл0}} = \mathcal{E}_0 \cdot \Pi_{\mathcal{E}},$$

где  $\Pi_{\mathcal{E}}$  – комплексная цена электроэнергии, ( $\Pi_{\mathcal{E}} = 5 \text{ руб./кВт}$ ).

$$C_{Э1} = 19,6 \cdot 5 = 98 \text{ руб./ед}$$

$$C_{Э0} = 16,3 \cdot 5 = 81,5 \text{ руб./ед.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются по формуле [ 2]:

$$C_{pmo} = \frac{C'_6 \cdot H'_{pmo}}{100 \cdot W_q \cdot T'_{zod}} + \frac{C''_6 \cdot H''_{pmo}}{100 \cdot W_q \cdot T''_{zod}}, \quad (4.12)$$

где  $H'_{pmo}, H''_{pmo}$  - норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание соответственно трактора и культиватора, %.

$$C_{pmo0} = \frac{701000 \cdot 20}{100 \cdot 2,88 \cdot 1200} + \frac{150000 \cdot 16}{100 \cdot 2,88 \cdot 59} = 181,8 \text{ руб/га}$$

$$C_{pmo1} = \frac{701000 \cdot 20}{100 \cdot 3,36 \cdot 1200} + \frac{219921 \cdot 16}{100 \cdot 3,36 \cdot 44} = 272,78 \text{ руб/га.}$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле[ 2]:

$$A = \frac{C'_6 \cdot a'}{100 \cdot W_q \cdot T'_{zod}} + \frac{C''_6 \cdot a''}{100 \cdot W_q \cdot T''_{zod}}, \quad (4.13)$$

где  $a', a''$  - норма амортизационных отчислений по трактору и культиватору соответственно, %.

$$A_0 = \frac{701000 \cdot 10}{100 \cdot 2,88 \cdot 1200} + \frac{150000 \cdot 10}{100 \cdot 2,88 \cdot 59} = 108,56 \text{ руб/га}$$

$$A_1 = \frac{701000 \cdot 10}{100 \cdot 2,88 \cdot 1200} + \frac{150000 \cdot 10}{100 \cdot 2,88 \cdot 44} = 138,65 \text{ руб/га.}$$

Отсюда эксплуатационные затраты на единицу работы:

$$S_{эксп0} = 47,58 + 81,5 + 181,8 + 186 = 505,38 \text{ руб/га}$$

$$S_{эксп1} = 39,42 + 98 + 272,78 + 138,65 = 522,85 \text{ руб/га.}$$

Уровень приведенных затрат определяется по формуле:

$$C_{прив} = S_{эксп} + E_n + A_0, \quad (4.14)$$

где  $E_n$  - нормативный коэффициент капиталовложений ( $E_n=0,15$ ).

$$C_{\text{прив0}} = 505,38 + 0,15 + 186 = 691,53 \text{ руб/га}$$

$$C_{\text{прив1}} = 522,85 + 0,15 + 138,65 = 661,65 \text{ руб/га.}$$

Годовая экономия определяется по формуле :

$$\mathcal{E}_z = (S_{\text{эксн}} \cdot S_{\text{эксн1}}) \cdot W_q \cdot T_{\text{год1}}, \quad (4.15)$$

$$\mathcal{E}_z = (505,38 - 522,85) \cdot 28,8 \cdot 44 = 22480 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_z = (C_{\text{прив0}} - C_{\text{прив1}}) \cdot W_q \cdot T_{\text{год1}}, \quad (4.16)$$

$$E_z = (691,53 - 661,65) \cdot 2,88 \cdot 44 = 37863,9 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta C_{\text{б}}}{\mathcal{E}_z}, \quad (4.17)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{219921}{37863,9} = 5,8 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений определяется по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (4.18)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{5,8} = 0,172$$

Все рассчитанные показатели занесены в таблицу 4.7

Таблица 4.7 - Сравнительные технико-экономические показатели конструкций

Наименование	Базовая	Новая
1	2	3
Энергоемкость, кВт ч/га	12,8	10,9
Фондоемкость, руб/га	108,556	166,136
Металлоемкость, кг/га	0,40	0,428
Трудоемкость, чел.-ч/га	0,35	0,29
Уровень эксплуатационных затрат, руб/га	505,38	522,85
Уровень приведенных затрат, руб/га	691,53	661,65
Годовая экономия, руб	-	22480
Годовой экономический эффект, руб	-	37863,9
Срок окупаемости, лет	-	5,8
Коэффициент эффективности дополнительных вложений	-	0,17

Анализируя значения показателей в таблице, видим, что годового перерасхода средств не наблюдается, а наоборот мы получаем годовой экономический эффект. Это объясняется тем, что при использовании проектируемой конструкции значительно снижаются затраты на гербициды и использование опрыскивателей.

Внедрение данной конструкции повысит производительность при междурядной обработке картофеля; будут снижены эксплуатационные затраты, что непосредственно повлияет на себестоимость производимого урожая.



#### 4.5.5 Экономическое обоснование технологии производства картофеля.

Расчет показателей производства картофеля будем вести по формулам:

- плотность механических работ[2]:

$$P_{\text{мех}} = \frac{\Omega}{S_{\text{га}}}, \quad (4.19)$$

где  $\Omega_{\text{эм}}$  - суммарный объем работ в технологической карте, ус.эт.га;

$S_{\text{га}}$  – посевная площадь с/х культуры, га ( $S_{\text{га}}=100$ ).

$$P_{\text{мех0}} = \frac{1523}{100} = 15,23 \text{ ус.эт.га/га}$$

$$P_{\text{мех1}} = \frac{5523}{100} = 55,23 \text{ ус.эт.га/га};$$

- уровень механизации[2]:

$$Y_{\text{мех}} = \frac{T_{\text{мех}}}{T_{\text{общ}}} \cdot 100, \quad (4.20)$$

где  $T_{\text{мех}}$  – затраты труда механизаторов, чел-ч.

$T_{\text{общ}}$  – общие затраты труда по технологической карте, чел-ч.

$$Y_{\text{мех0}} = \frac{1194,07}{1393,14} \cdot 100 = 85,7 \%$$

$$Y_{\text{мех1}} = \frac{490,42}{693,02} \cdot 100 = 70,7 \%;$$

- фондоемкость[ 2]:

$$F_e = \frac{A}{B\Pi}, \quad (4.21)$$

где  $A$  – сумма амортизационных отчислений по технологической карте, руб;

$ВП$  – валовой сбор продукции, т.

$$F_e = \frac{38342,7}{2000} = 19,17 \text{ руб/т}$$

$$F_e = \frac{26081,6}{1394} = 18,7 \text{ руб/т};$$

- трудоемкость[2]:

$$T_e = \frac{T}{ВП}, \quad (4.22)$$

где  $T$  – сумма затрат труда в технологической карте, чел-ч.

$$T_{e0} = \frac{37,7}{2000} = 0,019 \text{ чел.-ч/т}$$

$$T_{e1} = \frac{27,9}{1394} = 0,020 \text{ чел.-ч/т};$$

- уровень эксплуатационных затрат[2]:

$$S_{\text{эксн}} = \frac{C_{\text{зн}} + C_{\text{тсм}} + C_{\text{рто}} + A}{ВП}, \quad (4.23)$$

где  $C_{\text{зн}}$  – затраты на оплату труда, руб;

$C_{\text{тсм}}$  – затраты на горючее, руб;

$C_{\text{рто}}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание с/х техники, руб;

$A$  – амортизационные отчисления, руб.

$$S_{\text{эксн}0} = \frac{1156032}{2000} = 578,02 \text{ руб/т}$$

$$S_{\text{эксн}1} = \frac{793585,5}{1394} = 569,2 \text{ руб/т.}$$

- уровень приведенных затрат[2]:

$$C_{прив} = S_{эксн} + E_n + K_{уд}, \quad (4.24)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ( $E_n=0,15$ );

$$C_{прив0} = 505,38 + 0,15 + 19,17 = 524,7 \text{ руб/т};$$

$$C_{прив1} = 522,85 + 0,15 + 6,13 = 529,13 \text{ руб/т};$$

- годовая экономия[2]:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_{эксн0} - S_{эксн1}) \cdot ВП, \quad (4.25)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (578,02 - 569,2) \cdot 13940 = 122950,8 \text{ руб};$$

- годовой экономический эффект:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_n \cdot \Delta K; \quad (4.26)$$

где  $\Delta K$  - разность капитальных вложений по проекту и базовому варианту, руб.

$$E_{год} = 122950,8 - 0,15 \cdot 18425,16 = 95313,15 \text{ руб};$$

- срок окупаемости дополнительных капитальных вложений[2]:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (4.27)$$

$$T_{ок} = \frac{184251,6}{95313,15} = 1,93 \text{ года.}$$

- коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений[2]:

$$E_{эф} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (4.28)$$

$$E_{эф} = \frac{1}{1,93} = 0,52$$

Рассчитанные показатели экономической эффективности механизации производства картофеля по проектируемому и базовому вариантам представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Показатели сравнительной экономической эффективности механизации производства картофеля

Наименование	Базовый	Новый
1	2	3
Плотность механических работ, ус.эт.га/га	15,23	12,23
Уровень механизации, %	85,7	70,7
Фондоемкость, руб/т	19,7	6,13
Трудоемкость, чел.-ч/т	0,019	0,006
Уровень эксплуатационных затрат, руб/т	578,02	186,29
Уровень приведенных затрат, руб/т	524,7	529,13
Годовая экономия, руб	-	122950,8
Годовой экономический эффект, руб	-	95313,1
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет	-	1,93
Коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений	-	0,52

Трудоемкость производства картофеля снизилась. Это произошло за счет совмещения процессов междурядной обработки, а так же и уменьшение обработок с применением гербицидов.

Фондоемкость производства также снизилась и составила 6,13 руб/т.

Размер годовой экономии составил 122950,8 рублей. Годовой экономический эффект, несмотря на значительную сумму капитальных вложений в технику, составил 95313,1 руб.

В итоге за счет годового экономического эффекта (точнее из-за снижения затрат на производство и увеличение валового сбора) срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составил всего 1,93

года, а коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений – 0,52 года

Анализируя эти показатели, хотелось бы рекомендовать, чтобы в хозяйствах при возделывании картофеля, вместо малопродуктивных и неэффективных, а в частности устаревших машин и орудий использовались усовершенствованные машины с большей производительностью и экономией.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ состояния вопроса по использованию бесприводных рабочих органов для междурядной обработки показал, что с учетом более высокой надежности в работе, относительно несложной конструкции и меньших эксплуатационных затрат, наиболее перспективными является разработка почвообрабатывающего адаптера к пропашным культиваторам с бесприводными ротационными рабочими органами.

2. В результате выполненных теоретических исследований получены:

а) аналитические зависимости, определяющие кинематические характеристики бесприводного ротационного рабочего органа с учётом конструктивных параметров;

б) разработана методика проектирования конструктивных параметров бесприводного ротационного рабочего органа (диаметр диска, количество игл).

3. Лабораторно-полевыми исследованиями было установлено, что:

а) при междурядной обработки бесприводным ротационным органом твердость почвы снижается на 20-30% по сравнению с обработкой почвы традиционными рабочими органами ;

б) бесприводные ротационные рабочие органы позволяют производить междурядную обработку на участках повышенной влажности почвы;

в) степень крошения почвы при обработке бесприводным ротационным рабочим органом соответствует агротехнических требованиям, обеспечивает более высокий показатель крошения, чем обработка почвы традиционными стрельчатыми лапами

г) при обработке засорённых участков бесприводным ротационным рабочим органом наблюдалось вычёсывание сорных растений вместе с корневой системой, что положительно сказывается на уничтожение сорняков, степень уничтожения сорняков составила 93%;

д) при увеличении поступательной скорости гребнистость увеличивается, при скорости движения 7-9 км/ч высота гребней составляла в

пределах 8-11 см, в то время как после обработки стрельчатыми лапами гребнистость составляла 1,5-2 см на расстоянии 5-6 см от стебля культурных растений.

4. Полевые испытания пропашного культиватора с бесприводным ротационным рабочим органом подтвердили выводы о том, что при его использовании значительно улучшается качество обработки почвы, которая будет способствовать увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

5. Годовая экономия от внедрения конструкции составила 22480 руб.