

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление 35.03.06 «Агроинженерия»

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: *Механизация возделывания пропашных культур с  
усовершенствованием конструкции чизельного плуга*

Шифр 35.03.06.198.21. ПЧ.00.00.000

Студент группы Б272-04у

  
подпись

Нурисламов Б.А.  
Ф.И.О.

Руководитель к.т.н., доцент  
ученое звание

  
подпись

Халиуллин Д.Т.  
Ф.И.О.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите  
(протокол № 8 от 03 марта 2021)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент  
ученое звание

  
подпись

Халиуллин Д.Т.  
Ф.И.О.

**Казань – 2021 г.**

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление 35.03.06 «Агроинженерия»

«УТВЕРЖДАЮ»



Зав. кафедрой

/ Халимуллин Д.Т. /

« 22 » января 2021г.

### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выпускную квалификационную работу**

Студенту Нурисламову Булату Айратовичу

Тема ВКР: Механизация возделывания пропашных культур с усовершенствованием конструкции чизельного плуга

утверждена приказом по вузу от «24» февраля 2021г. № 51

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 02.03.2021

3. Исходные данные

1 Результаты научных работ;

2 Научно-техническая и справочная литература.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Литературно-патентный анализ;

2. Технологическая часть;

3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов:

1. Обзор существующих конструкций;
2. Технологическая карта на возделывание;
3. Общий вид машины;
4. Сборочный чертеж
5. Чертежи нестандартных изделий, подлежащих к изготовлению;
6. Операционно-технологическая карта на вспашку

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Экономическое обоснование	
Безопасность жизнедеятельности	
Экологическая безопасность	
Допуски и посадки	
Конструкторская часть	

7. Дата выдачи задания 05.12.2020

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный анализ	30.01.2021	
2	Технологическая часть	15.02.2021	
3	Конструкторская часть	02.03.2021	

Студент группы Б272-04у Нурисламов Б.А.

()

Руководитель ВКР к.т.н., доцент Халиуллин Д.Т.

()

## АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Нурисламова Булата Айратовича на тему: «Механизация возделывания пропашных культур с усовершенствованием конструкции чизельного плуга»

Работа состоит из пояснительной записки на 55 страницах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 12 рисунков, 3 таблицы и 46 формулы. Список использованной литературы содержит 15 наименований.

В первой главе проведен литературно-патентный обзор традиционной технологии возделывания картофеля и анализ конструкций чизельных плугов.

Во второй главе описана предлагаемая технология возделывания, приведены технологические расчеты, а также рассмотрены вопросы охраны труда.

В третьей главе приведено описание конструкции и правил эксплуатации машины, расчет деталей, узлов конструкции и экономической эффективности конструкции, разработаны мероприятия по технике безопасности и безопасности жизнедеятельности, а также рассмотрена экологическая безопасность.

Записка завершается выводами и предложениями.

## ABSTRACT

The work consists of an explanatory note on 55 pages of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of the A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes 12 figures, 3 tables and 46 formulas. The list of used literature contains 15 titles.

In the first chapter, a literary-patent review of the traditional technology of potato cultivation and analysis of the construction of chisel plows was conducted.

In the second chapter, the proposed technology of cultivation is described, technological calculations are presented, and labor protection issues are considered.

The third chapter describes the design and operation rules of the machine, the calculation of parts, structural components and cost-effectiveness of the structure, developed safety and life safety measures, and considered environmental safety.

The note ends with conclusions and suggestions.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР.....	8
1.1 Общие сведения глубокой обработки и агротехнические требования.....	8
1.2 Анализ традиционной технологии возделывания .....	10
1.3 Анализ существующих конструкций чизельных плугов.....	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	19
2.1 Обоснование предлагаемой технологии возделывания пропашных культур .....	19
2.2 Технологические расчёты .....	20
2.3 Безопасность жизнедеятельности на производстве .....	28
2.4 Физическая культура на производстве .....	31
2.5 Мероприятия по охране окружающей среды .....	32
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	34
3.1 Описание конструкции и правила эксплуатации машины.....	34
3.2 Конструктивный расчет .....	42
3.3 Расчет экономической эффективности конструкции.....	45
3.4 Безопасность труда при работе с конструкцией.....	50
ВЫВОДЫ.....	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	54
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время агропромышленный комплекс республики Татарстан и Российской Федерации в целом находится в очень тяжелом состоянии.

Предприятиям АПК приходится вести хозяйственную деятельность в условиях отсутствия капитальных вложений, постоянно повышающихся цен на нефть, нефтепродукты и другие виды топлива и энергии, что вызывает повышение себестоимости продукции, и снижает рентабельность.

Несовершенство машин для глубокой обработки почвы, в частности чизельных плугов, в значительной степени снижает качество основной обработки почвы и как следствие урожайность возделываемых культур.

Применение новых конструктивных разработок чизельных плугов в значительной степени повысить качество обработки почвы, повысит урожайность, снизит тяговое сопротивление.

Цель и задачи исследования. Разработать чизельный плуг с возможностью уменьшения тягового сопротивления и увеличения степени крошения почвы.

Научная новизна. Усовершенствование конструкции чизельного плуга путём установки пружинного механизма, обеспечивающего снижение тягового сопротивления и увеличения степени крошения.

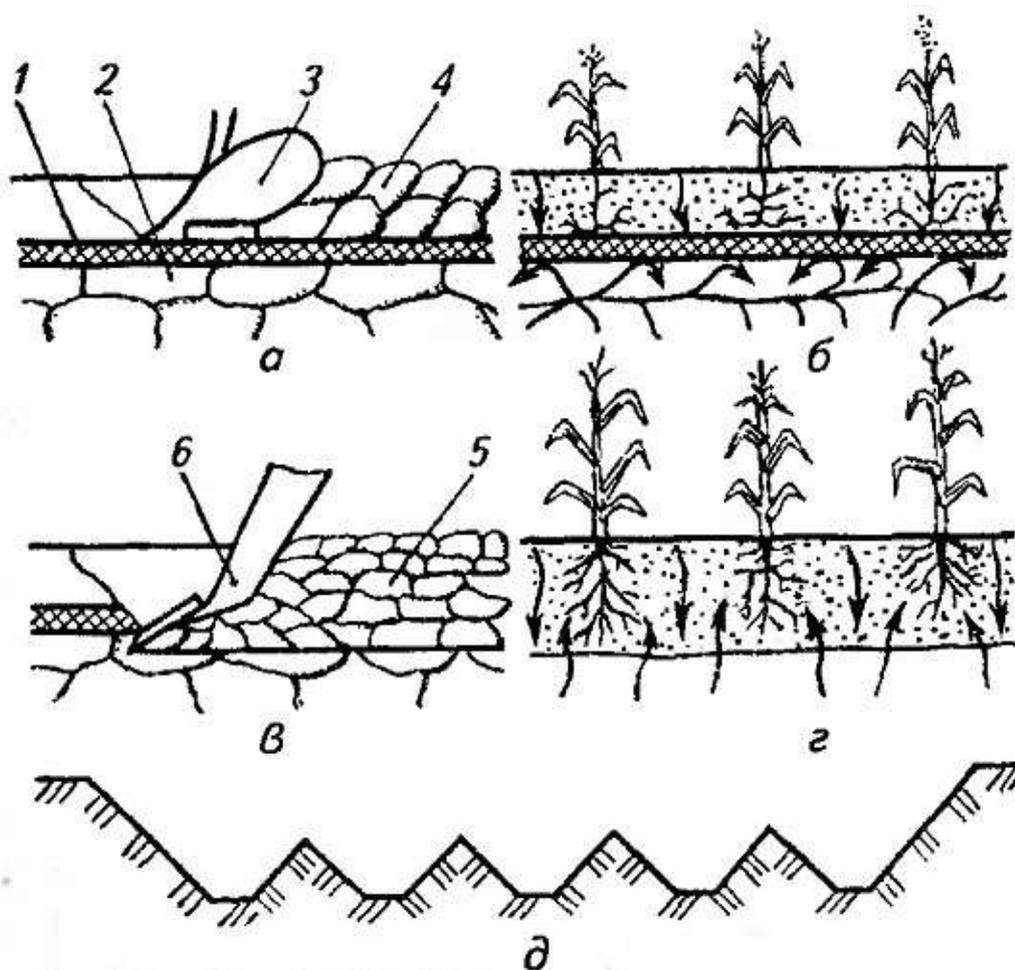
Практическая значимость. Повышение урожайности, снижения расхода топлива.

Личный вклад студента. Проведен анализ технологий возделывания пропашных культур, сделан обзор существующих конструкций (АС№2291605/12; АС№2350059/12; АС№2329627/12; АС№88891/12; АС№2292695/12), разработана конструкция чизельного плуга, разработаны мероприятия по безопасности и экологичности проекта, сделаны технико-экономические расчеты.

# 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Общие сведения глубокой обработки и агротехнические требования

Глубокой обработкой (глубже пахотного слоя) разрушают плужную подошву 1 (рис. а), препятствующую проникновению корней растений в нижние слои почвы и затрудняющую поступление грунтовой воды в пахотный горизонт (рис. б).



а — образование плужной подошвы при работе лемешного плуга; б — передвижение воды и поведение корней растений до разрушения плужной подошвы; в — разрушение плужной подошвы при глубокой обработке почвы чизельным плугом; г — передвижение воды и поведение корней растений после разрушения плужной подошвы; д — профиль дна борозды после рыхления почвы чизельным плугом; 1 — плужная подошва; 2 — нижний слой; 3 — корпус плуга; 4 — пахотный слой; 5 — рыхленный слой; 6 — рыхлитель

Рисунок 1.1 – Схема образования и разрушения плужной подошвы

Рыхлением подпахотного горизонта увеличивают мощность корнеобитаемого слоя, улучшают воздушный, водный и тепловой режимы почвы, активизируют биологические процессы, способствуют накоплению влаги, предотвращают ветровую и водную эрозию почвы.

Глубокое рыхление проводят плугами общего назначения; снабженными безотвальными корпусами и рыхлительными стойками, плугами-рыхлителями, чизельными плугами (рис. в) и плугами со специальными рыхлителями.

*Агротехнические требования к чизельному плугу:*

К чизельной обработке почвы предъявляются следующие агротехнические требования [2]:

- чизельный плуг должен обеспечивать обработку почв различного механического состава при влажности до 40% и твердости до 1,5 МПа .
- чизельный плуг должен обеспечивать требуемое качество : глубина обработки до 40 см, сохранение стерни не менее 75%.
- при работе на склонах величина уклона допускается не более 8 градусов
- чизельный плуг должен работать устойчиво по глубине обработки и ширине захвата .
- допустимое отклонение от заданной глубины обработки не должно превышать  $\pm 5\%$  .
- допустимое отклонение от конструктивной ширины захвата  $\pm 10\%$
- пространство между рабочими органами не должно забиваться пожнивными и растительными остатками

Исходя из этого почвообрабатывающие машины должны обеспечивать:

- 1) высокую технологическую надежность (не ниже 0,95) и агротехническую эффективность в широко варьируемых естественных условиях, в том числе при экстремальных условиях (при влажности почвы 40% или твердости 1,5 МПа);

2) снижение за счет упрощения конструкции удельной металлоемкости и энергоемкости, изменения геометрии рабочих органов, повышение общей надежности (коэффициент готовности не ниже 0,95) производственного процесса.

Отмеченные требования предполагают, прежде всего, установление рационального типажа почвообрабатывающих машин, с учетом особенностей зональных естественно-производственных условий, а также дальнейшее совершенствование конструкций рабочих органов и общекомпоновочных схем машины.

## **1.2 Анализ традиционной технологии возделывания**

Подготовка почвы в основных зонах страны начинается с лущения стерни после уборки зерновых культур. После появления всходов сорняков проводят зяблевую вспашку. На окультуренных почвах глубина вспашки – 25...27 см, на слабоокультуренных – вспашку проводят на глубину пахотного слоя. Весной, как только сойдет снег, проводят культивацию с боронованием для сохранения влаги. Органические и минеральные удобрения вносят на более тяжелых почвах под основную пахоту осенью, а на легких почвах – весной. Минеральные удобрения вносят весной после культивации с последующим боронованием. Органические удобрения – навоз, торфяную крошку, компосты – разбрасывают равномерно на каждом участке и закапывают на глубину 16...18 см с одновременным боронованием.

Количество вносимых удобрений должно определяться с учетом химического состава почвы и её плодородия. Для получения урожая клубней в 200 центнеров с гектара рекомендуются следующие нормы удобрений на гектар (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Нормы внесения удобрений

Характеристика почв	Зона возделывания картофеля	Виды удобрений			
		органические, т	азотные, ц	фосфорные, ц	калийные, ц
Лёгкие почвы	Нечернозёмная полоса	30,0	1,5	3,0	1,5
Тяжёлые почвы	Нечернозёмная полоса	30,0	1,5	3,0	1,5
Оподзоленные и выщелочные чернозёмы	Центрально-чернозёмная полоса	15,0	нет	4,0	1,0
Мощные и обыкновенные чернозёмы	Центрально-чернозёмная полоса	15,0	нет	3,0	нет

Основная и весенняя обработки почвы, внесение органических и минеральных удобрений производятся машинами общего назначения: лушильниками ЛДГ-5; ЛДГ-10; плугами ПЛН-3-35; ПН-4-35; ППП-3-40А; культиваторами КПС-4; КРГ-3,6; боронами зубовыми; навозоразбрасывателями РОУ-6; ПРТ-10; машинами для внесения минеральных удобрений 1-РМГ-4; измельчителями удобрений АИР-20; погрузчиками ПЭ-Ф-1А; ПКУ-0,8А.

Сажают картофель четырёхрядными сажалками СН-4Б; КСМ-4 с междурядьями 70 см. Посадочный картофель должен быть заранее отсортирован от больных клубней. При подготовке посадочных клубней особое внимание необходимо уделять их яровизации. В зонах достаточного и избыточного увлажнения производят гребневую посадку клубней. Глубина заделки клубней при гребневой посадке не должна превышать 12 см, а при гладкой – 10 см.

Важным мероприятием в системе ухода за картофелем является боронование. Опыт и практика передовых хозяйств показывают, что до появления всходов надо проводить 3...4 боронования. После появления всходов картофеля проводят 1...2 боронования. Для боронования посевов картофеля используются сетчатые прицепные бороны БС-2,0 и навесные БСН-4,0. Шарнирными сетчатыми боронами почву рыхлят равномерно на глубину

до 6 см. В последние годы в практике применяют культивацию до появления всходов картофеля (особенно на засорённых участках) навесными культиваторами, что позволяет сократить число боронований и даёт хороший агротехнический эффект. Через 10...14 дней после посадки картофеля на участках с гладкой заделкой клубней проводят культивацию на глубину 5...6 см, а на участках с гребневой посадкой по междурядьям на значительно большую глубину. Междурядные обработки посевов картофеля (на лёгких почвах – рыхление междурядий, а на более тяжёлых почвах – рыхление и окучивание) проводят навесными культиваторами КРН-4,2 и КОН-2,8П. Окучивание картофеля производят окучивающими корпусами в сочетании с рыхлящими лапами или подкормочными ножами. Для борьбы с вредителями и болезнями картофеля во многих хозяйствах применяют опрыскиватели ОПШ-15; ПОМ-630 и ОМ-630.

Во многих хозяйствах картофель убирают навесными двухрядными элеваторными картофелекопателями КТН-2В, полунавесными двухрядными элеваторными картофелекопателями Z-609/0-2 и КСТ-1,4А, КИР-1,5Б; БД-4 – ботвоуборочные машины, двухрядные комбайны ККУ-2А, КПК-2, трёхрядные КПК-3, копатели-погрузчики Е-684, сортировальные пункты КСП-15Б, КСП-15В.

### **1.3 Анализ существующих конструкций чизельных плугов**

Обзор существующих конструкций чизельных плугов представлен на листе 2 графического материала.

На рисунке 1.2 представлен чизельный плуг ПЧ-2,5, состоящий из стойки 2, долота 1, опорного колеса 3, механизма изменения глубины 4, рамы 5, механизма навески 6 - предназначенный для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления

почвы на склонах и паровых полях, крошения и выравнивания поверхности почвы.



Рисунок 1.2 – Чизельный плуг ПЧ-2,5

Плуг используется в период предпосевной обработки почвы, весной по стерне зерновых культур высотой до 25см и после уборки пропашных культур с предварительным дискованием почвы в один или в два следа. Агрегатируется с тракторами класса 3.

Недостатком этого плуга является низкая производительность, так как низкая рабочая скорость движения (до 3 км/ч), низкое качество выравнивания почвы, так как нет выравнивателя почвы.

На рисунке 1.3 представлен чизельный плуг ПЧН-3,4х2, состоящий из лемеха 1, долота 2, стойки 3, выравнивателя 4, предохранительного устройства 5, элемента навески 6 - предназначенный для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления почвы на склонах и паровых полях, крошения и выравнивания поверхности почвы. Плуг может использоваться в каменистых почвах.



Рисунок 1.3 – Чизельный плуг ПЧН-3,4x2

Недостатком этого плуга является низкая эффективность срабатывания предохранительного устройства.

На рисунке 1.4 представлен чизельный плуг с усиленной рамой, состоящий из поперечного бруса 1, продольных брусьев 2-12, стойки 13, опорного колеса 14, механизма изменения глубины обработки 15, элементов механизма навески 16-17, раскосов 18-19 - предназначенный для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления почвы на склонах и паровых полях, крошения и выравнивания поверхности почвы. Рама данного плуга выполнена таким образом, что напряжения возникающие в поперечном сечении брусьев распределяются равномерно по всей длине рамы плуга.



Рисунок 1.4 – Чизельный плуг с усиленной рамой

Недостатком этого плуга является то, что конструкция рамы является сложной, требуется точная расстановка рабочих органов, а также внутри брусьев в наиболее напряжённых участках вварены диагональные или крестообразные пластины, что удорожает конструкцию плуга.

На рисунке 1.5 представлен чизельный плуг ПЧНК-4,1, состоящий из стойки 1, рыхлителя 2, опорного колеса 3, механизма навески 4 – предназначенный для безотвальной вспашки, подрезания сорняков, рыхления почвы на глубину до 20 см.; может применяться для обработки почвы, не засорённой камнями и другими препятствиями, с удельным сопротивлением до 0,11 МПа и влажностью до 30%. Агрегатируется тракторам класса 3.



Рисунок 1.5 – Чизельный плуг ПЧНК-4,1

Недостатком этого плуга является то, что установленные криволинейные стойки будут создавать дополнительные боковые усилия, способствующие образованию переуплотненных глыб, которые негативно повлияет на последующую обработку.

На рисунке 1.6 представлен чизельный плуг, состоящий из рамы 1, наклонной стойки 2, долота 3, опорного колеса 4, транспортного колеса 5, гидроцилиндра перевода плуга в транспортное положения 6, механизма регулирования положения высоты опорного колеса 7, прицепного устройства 8-предназначенный для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта, безотвальной обработки почвы взамен зяблевой и весенней пахоты, глубокого рыхления почвы на склонах.



Рисунок 1.6 – Чизельный плуг

Наиболее эффективно применение на почвах с глубоким расположением плодородного слоя, на почвах, подверженных ветровой эрозии. Агрегируется с тракторами тягового класса не ниже 5, оснащенными механизмом задней сельскохозяйственной навески или подъемно-прицепным устройством и гидросистемой для подсоединения плуга.

Недостатком этого плуга является сложность его конструкции, требуется трудоёмкое техническое обслуживание агрегата.

Проанализировав существующие конструкции, выявив ряд недостатков, мы пришли к выводу, что нужна новая конструкция чизельного плуга. В разрабатываемом плуге попытались совместить преимущества существующих конструкций и избавиться от некоторых недостатков, о которых было сказано выше. За прототип принят чизельный плуг ПЧН 3,4х2.

Предлагаемый чизельный плуг имеет следующие отличия:

- установлен пружинный механизм, обеспечивающий вибрацию рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости с целью снижения тягового сопротивления и увеличения степени крошения почвы.

Применение предлагаемого чизельного плуга позволяет эксплуатировать его на всех типах почв.

По исследованиям Виноградова В.И [16] в нижней части пласта перед долотом наблюдается повышенная концентрация давлений на рабочую поверхность долота. Увеличение напряжений в нижней части пласта перед долотом ведёт к деформации сжатия, к уплотнению почвы и образованию уплотнённого ядра. Степень уплотнённости определяется конструктивными и технологическими параметрами, характерными перемещению почвенных частиц относительно рабочей поверхности, и состояния почвы, а его форма характеризует распределение нормальных давлений на лезвие долота. Вибрация рабочего органа позволяет значительно снизить сжатие почвенного пласта. Крошение будет производиться за счёт высокочастотных ударных воздействий со стороны рабочего органа. Кроме того, вибрация снизит тяговое сопротивление рабочего органа.

Чизельный плуг содержит следующие основные узлы (лист 3):

1. Рама состоит из балок прямоугольного сечения, которые свариваются между собой посредством накладок. На балках приварены пластины, кронштейны, шарнирно закреплена секция плуга и при помощи двух тяг - выравниватель.

2. Пружинный механизм состоит из пружины сжатия, опор.

3. Стойки состоит из пластин прямоугольного сечения, которые крепятся к раме посредством болтов.

4. Регулирование глубины вспашки производится изменением положения опорного колеса.

5. Изменение жесткости пружины предохранительного механизма производится установлением шайб между опорой и пружиной сжатия.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Обоснование предлагаемой технологии возделывания пропашных культур

В результате проведённого анализа литературы, рекомендаций и передового опыта, а также от зональных особенностей и наличия в хозяйствах техники, предлагается следующая технология возделывания.

Оптимального сложения почвы добиваются путём правильной обработки. Кроме улучшения физических свойств, правильная обработка почвы ставит своей задачей снижение численности сорных растений, вредителей, возбудителей болезней, хорошую заделку органических и минеральных удобрений, стерни и дернины.

В настоящее время подготовка почвы под картофель складывается из летне-осенней (зяблевой) и предпосадочной (весенней) обработок. В основных районах Нечернозёмной зоне проводят зяблевую вспашку, весной – послойную обработку (культивация на глубину 10...12 см, затем безотвальное рыхление на глубину 27...30 см), полостное фрезерование с одновременным формированием гребней из разрыхленной почвы, посадку в гребни, двукратную довсходовую обработку междурядий с окучиванием и боронованием гребней.

Для локального внесения минеральных удобрений на глубину 14...16 см одновременно с нарезкой гребней перед посадкой применяется комбинированный агрегат, представляющий собой культиватор КОН-2,8 ПМ, на котором вместо банок туковысевающих аппаратов АТП-2 смонтирован общий бункер ёмкостью 700 кг.

При весенней подготовки почвы под картофель предлагается чизельный плуг ПЧ – 2,5, предназначенный для глубокой обработки почвы на незасорённых камнями участках с удельным сопротивлением до 0,9 кг/см<sup>2</sup>. Он заменяет комплекс машин для предпосадочной обработки почвы, включающей плуг ПН-3-35, культиватор КПН-4Г и борону ЗБЭС-1,0А.

Для весенней предпосевной подготовки почвы под картофель можно использовать фрезерный культиватор-глубокорыхлитель КФГ-3,6.

Одним из основных условий для получения высоких урожаев картофеля является создание рыхлого, хорошо аэрируемого и достаточно влажного пахотного слоя почвы. Разуплотнение и углубление пахотного горизонта повышает урожайность картофеля на 10%.

## 2.2 Технологические расчёты

### 2.2.1 Расчёт ширины поворотных полос

Рассмотрим агрегатирование чизельного плуга ПЧ – 2,5 трактором Т – 150. Рабочая скорость движения агрегата до 9 км/ч. Ширина захвата 2,5 м. Способ движения агрегата челночный с петлевыми грушевидными поворотами.

На рисунке 2.1 показана схема движения агрегата во время работы.

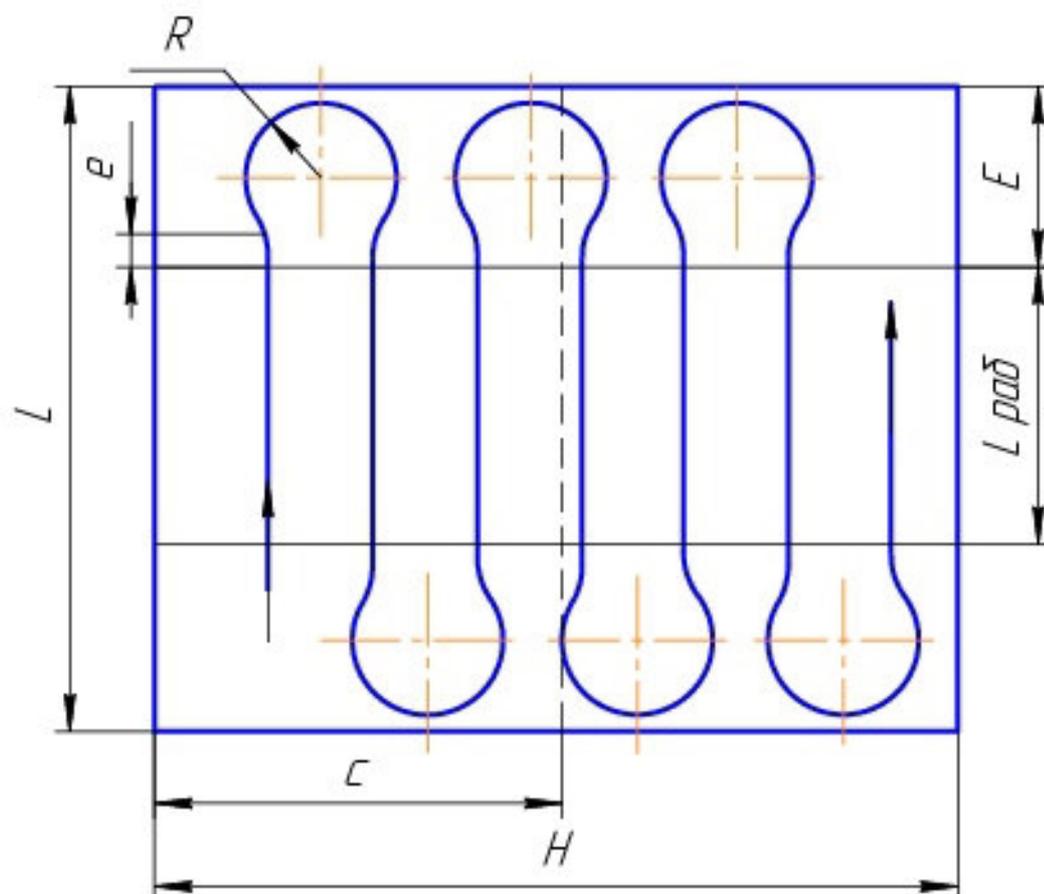


Рисунок 2.1 Схема движения агрегата по полю.

Рассчитаем ширину поворотной полосы

$$E = 3R_{\min} + e, \quad (2.1)$$

где  $R_{\min}$  – радиус поворота агрегата,  $R_{\min} = 7,5\text{ м}$

$e$  – расстояние выноса кинематического центра за край линии поворотной полосы перед поворотом.

Для агрегата с навесным орудием

$$e \approx 0,1 \cdot l_a, \quad (2.2)$$

$l_a$  – кинематическая длина агрегата, т. е. расстояние от кинематического центра до крайних рабочих органов.

$$l_a = 5\text{ м}$$

$$e = 0,1 \cdot 5 = 0,5\text{ м}$$

$$E = 3 \cdot 7,5 + 0,5 = 23\text{ м}$$

Ширина поворотной полосы должна быть кратна ширине захвата агрегата ( $B_a = 2,5\text{ м}$ ), с учетом этого получим:  $E = 2,5 \cdot 6 = 15\text{ м}$ , тогда рабочая длина загона

$$L_p = L - 2E \quad (2.3)$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 15 \approx 970\text{ м}$$

### 2.2.2 Расчёт производительности агрегата

Вычислим длину холостого хода,  $l_x$  [м] которую проходит агрегат при повороте

$$l_x = 6R + 2e, \quad (2.4)$$

$$l_x = 6 \cdot 7,5 + 2 \cdot 0,5 = 46\text{ м}$$

Вычислим коэффициент рабочих ходов, для челночного способа движения

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R_{\min} + 2e}, \quad (2.5)$$

$$\varphi = \frac{952}{952 + 6 \cdot 7,5 + 2 \cdot 0,5} = 0,95$$

Необходимо вычислить время одного цикла. В цикл включаются регулярные затраты времени, практически повторяющиеся в каждом цикле т.е.

$$t_{ц} = t_{р} + t_{пов} + t_{ТО}, \quad (2.6)$$

где  $t_{р}$  – чистое время работы [мин].

$t_{пов}$  – время поворота [мин].

$t_{ТО}$  – время технологического обслуживания [мин].

$$t_{р} = \frac{2 \cdot L_{р} \cdot 60}{V_{р} \cdot 1000}, \quad (2.7)$$

где  $V_{р}$  – рабочая скорость агрегата [км/ч].

$$V_{р} = 8,17 \text{ км/ч.}$$

$$t_{р} = \frac{2 \cdot 952 \cdot 60}{8,17 \cdot 1000} = 13,98 \text{ мин.}$$

$$t_{пов} = \frac{2 \cdot l_{с} \cdot 60}{V_{с} \cdot 1000}, \quad (2.8)$$

где  $V_{с}$  – скорость агрегата при повороте [км/ч].

$$V_{с} = 6 \text{ км/ч}$$

Отсюда время на поворот [мин]:

$$t_{пов} = \frac{2 \cdot 46 \cdot 60}{6 \cdot 1000} = 0,92 \text{ мин.}$$

$$t_{ц} = 13,98 + 0,92 = 14,9 \text{ мин.}$$

Определим количество циклов за смену по формуле:

$$n_{ц} = \frac{T_{см} - (T_{пер} + T_{из} + T_{отл} + T_{обс})}{t_{ц}}, \quad (2.9)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены [ч];

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время [мин];

$T_{обс}$  – время на обслуживание агрегата [мин];

$T_{отп}$  – время на отдых и личные нужды [мин];

$T_{пер}$  – время переездов с одного поля на другое и т. п. [мин].

Числовые значения принимаем по справочнику.

$T_{см} = 7ч$ ;  $T_{пз} = 25мин$ ;  $T_{обс} = 17мин$ ;  $T_{отп} = 25мин$ ;  $T_{пер} = 8,6мин$ .

$$n_{ц} = \frac{7 \cdot 60 - (8,6 + 25 + 25 + 17)}{14,9} = 23,12$$

Принимаем  $n_{ц} = 23$ .

Рассчитаем действительное продолжительность смены [мин].

$$T^{\circ}_{см} = n_{ц} \cdot (t_p + t_{ноа} + t_{то}) + T_{пер} + T_{пз} + T_{отп} + T_{обс}, \quad (2.10)$$

$$T^{\circ}_{см} = 23 \cdot (13,98 + 0,92) + 8,6 + 25 + 25 + 17 = 418,3мин.$$

$$T^{\circ}_{см} = 6,89ч.$$

Рассчитаем производительность агрегата

Производительность за цикл [га/цикл] определяется по следующей формуле:

$$W_{ц} = B_p \cdot L_p \cdot 2 \cdot 10^{-4}, \quad (2.11)$$

$$W_{ц} = 2,5 \cdot 952 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0,47га/цикл$$

Сменная производительность [га/смена]:

$$W_{см} = W_{ц} \cdot n_{ц}, \quad (2.12)$$

$$W_{см} = 0,47 \cdot 23 = 10,8га/смена.$$

Действительная сменная производительность [га/смена]:

$$W^{\circ}_{см} = \frac{T_{см} \cdot W_{см}}{T^{\circ}_{см}}, \quad (2.13)$$

Часовая производительность [га/ч]:

$$W_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{см}}}{T_{\text{см}}}, \quad (2.14)$$

$$W_{\text{ч}} = \frac{10,8}{7} = 1,5 \text{ га/ч.}$$

Затраты труда на единицу обработанной площади  $\left[ \frac{\text{чел. - ч}}{\text{га}} \right]$  вычисляется по формуле:

$$z_{\text{т}} = \frac{n_{\text{р}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (2.15)$$

$$z_{\text{т}} = \frac{1}{1,5} = 0,7 \frac{\text{чел. - ч.}}{\text{га}}$$

### 2.2.3 Расчёт ширины захвата чизельного рабочего органа

Рассмотрим взаимодействие наклонного чизельного рабочего органа с почвой.

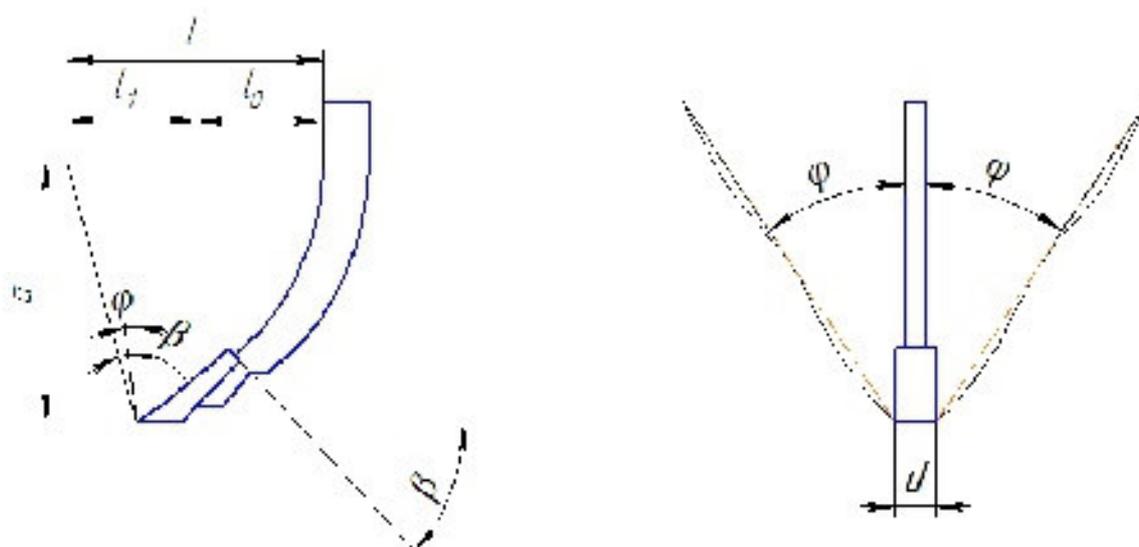


Рисунок 2.2 – Взаимодействие наклонного чизельного рабочего органа с почвой

Основные параметры для расчёта [2]

$\phi_0$ - угол трения почвы о почву [град];

$d$ - ширина долота [м];

$b$ - ширина захвата рабочего органа [м];

$\beta$ - угол постановки лемеха ко дну борозды [град];

$l_0$ - вылет носка долота относительно стойки [м];

$l$ - величина деформации почвы впереди долота [м];

$L$ - зона деформации почвы [м].

$\varphi_0=35^\circ$ ;  $d=0,07$ ;  $\beta=25^\circ$ ;  $l_0=0,12$  /2/.

Определим зону деформации почвы [м] по формуле /2/:

$$L = l_0 + tg(\beta + \varphi_0), \quad (2.16)$$

$$L = 0,12 + 0,4 * tg(25 + 35) = 0,25 \text{ м}$$

Зона деформации почвы сзади расположенного органа не должна доходить до зоны деформации спереди расположенного рабочего органа /2/.

Примем  $L=0,07$ м.

Определим ширину захвата рабочего органа  $b$  [мм] по формуле:

$$b = d + \frac{(tg \varphi_0 + tg \alpha_0)}{\cos(\varphi_0 + \beta)}, \quad (2.17)$$

$$b = 0,07 + \frac{0,4 * (tg 35^\circ + 0)}{\cos(35^\circ + 25^\circ)} = 0,25 \text{ мм}$$

Определим расстояние между следами лап [мм] по формуле:

$$b' = d + \left[ \frac{(a - a') \cdot (tg \varphi_0 + tg \alpha_0)}{\cos(\varphi_0 + \beta)} \right], \quad (2.18)$$

$$b' = 0,07 + \left[ \frac{0,4 \cdot (tg 35^\circ + 0)}{\cos(35^\circ + 25^\circ)} \right] = 0,25 \text{ м.}$$

Расставим рабочие органы на раме согласно схеме:

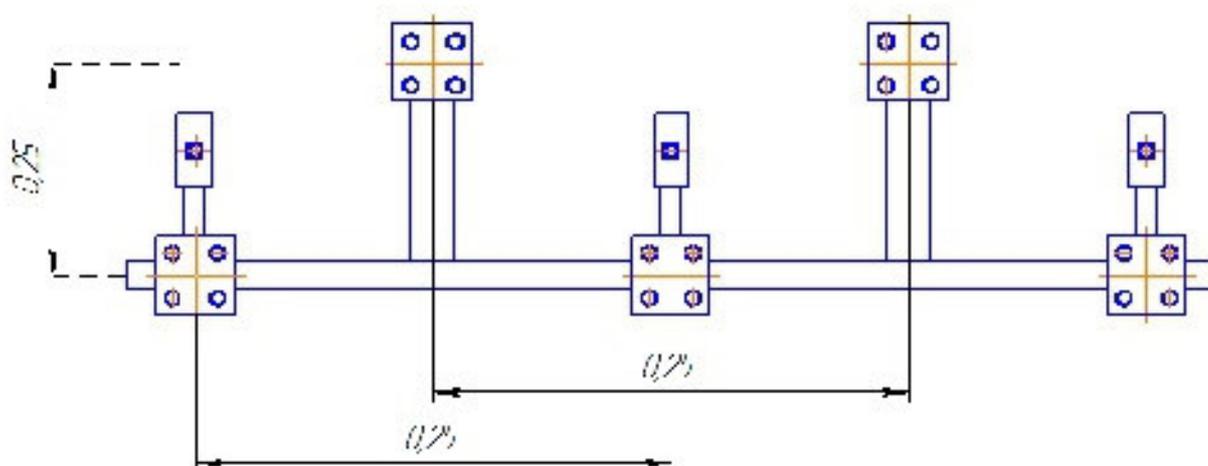


Рисунок 2.3 Схема расстановки рабочих органов чизельного плуга

#### 2.2.4 Силы, действующие на чизельный рабочий органы

Тяговое сопротивление чизельного рабочего органа складывается из сил, затрачиваемых на подрезание пласта лезвием долота и ножом стойки, на трение почвы о долото о стойку рабочего органа, на подъем и рыкание почвы /2/. Определение сопротивления по нижеприведённым формулам является приблизительным, поскольку здесь не учитывается состояние рабочих, скорости движения и так далее. Данные формулы можно использовать для дальнейших конструктивных расчётов, а также для приблизительного расчёта погектарного расхода топлива.

Горизонтальная сила [кН] /2/

$$R_x = R_{xст} + R_{xд} , \quad (2.19)$$

где  $R_{xст}$  - сила сопротивления стойки чизельного рабочего органа, горизонтальной составляющей [кН];

$R_{xд}$  - сила сопротивления долота [кН].

Упрощенно горизонтальную силу [кН] можно вычислить /2/:

$$R_x = \kappa \cdot a \cdot b, \quad (2.20)$$

где  $\kappa$  - удельное сопротивление чизельного рабочего органа [кН/м<sup>2</sup>];

$a$  - глубина чизелевания [м];

$b$  - ширина зоны рыхления поверхности поля [м].

$$\kappa = 18...21 \text{ кН} / \text{м}^2 \text{ /2/},$$

примем  $\kappa = 19,5 \text{ кН} / \text{м}^2$

$$R_x = 19,5 \cdot 0,4 \cdot 1,09 = 8,5 \text{ кН}$$

Вертикальная сила [кН] /2/

$$R_z = R_{z_{ст}} + R_{z_{\delta}} = \delta \cdot R_x, \quad (2.21)$$

где  $\delta$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств почвы, скорости движения, состояния и параметров рабочих органов;

Для различных условий работы  $\delta = 0,2...0,6$ .

$$R_z = 0,4 \cdot 8,5 = 3,4 \text{ кН}$$

Боковая сила [кН] /2/

$$R_y = \beta \cdot R_x, \quad (2.22)$$

где  $\beta$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств почвы, скорости движения, состояния и параметров рабочих органов;

Для различных условий работы,

Для различных условий работы  $\beta = 0,2...0,3 \text{ /2/}$

$$R_y = 0,25 \cdot 8,5 = 2,13 \text{ кН}$$

### 2.2.5 Тяговый расчёт. Выбор трактора для агрегатирование плуга

На тяговое сопротивление трактора влияет горизонтальная составляющая усилия на корпус плуга [кН]

$$R_x = 8,5 \text{ кН.}$$

Тяговое сопротивление передних пяти рабочих органов равно:

$$R^4_x = 5 \cdot R_x = 5 \cdot 8,5 = 34 \text{ кН}$$

Позади стоящие четыре рабочие органы работают в заблокированном режиме. Эти рабочие органы создают меньшее сопротивление, поскольку работают уже по разрыхлённой зоне. Рыкление идёт с перекрытием. При подсчёте ширины зоны рыкления по формуле (2.18) получаем (с учётом перекрытия) 0,5 м. Отсюда сопротивление одного рабочего /2/

$$R_x = \kappa \cdot a \cdot b,$$

$$R_x = 19,5 \cdot 0,4 \cdot 0,5 = 3,9 \text{ кН}$$

$$R^*_x = 4 \cdot R_x = 4 \cdot 3,9 = 15,6 \text{ кН}$$

Для определения тягового сопротивления всего плуга необходимо сложить тяговое сопротивление всех корпусов, а также сопротивление перекачиванию выравнителя

$$R_{\text{пл}} = R^*_x + P,$$

$$R_{\text{пл}} = 34 + 15,6 + 0,8 = 50,4 \text{ кН}$$

Максимальная агротехнически допустимая скорость движения чизельного плуга, данной конструкции, до 9 км/ч. По тяговой характеристике трактора /9/ скорость 8,7 км/ч, при данном сопротивлении, может развить трактор К-701 при движении на третьей передаче.

### 2.3 Безопасность жизнедеятельности на производстве

Обеспечение условий и безопасности труда на производстве

Организация работы по охране труда в сельскохозяйственных предприятиях осуществляется в соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации. В соответствии с этим нормативным документом ответственность за организацию работы по охране труда возлагается на директора. Ежегодно приказом директора ответственность за состояние и организацию работ по охране труда возлагается на главных специалистов и руководителей структурных подразделений. Координация деятельности

структурных подразделений по вопросам охраны труда, контроль за работой, связанной с созданием безопасных и здоровых условий труда работающих, возложены на специалиста по охране труда.

Все работы по охране труда на предприятиях проводятся на основе плана, разработанного совместно с профсоюзным комитетом.

В агрофирмах в соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации устанавливается средняя продолжительность рабочего времени 40 часов в неделю, для работников, занятых на работах с вредными условиями труда – сокращенная продолжительность 36 часов в неделю. Работникам предоставляются ежегодные оплачиваемые отпуска продолжительностью 28 календарных дней. В напряженные периоды года (посев, уборка, сенокос) устанавливается суммированный учет рабочего времени, при этом продолжительность рабочей смены увеличивается до 10 часов.

Механизаторы, шофера хозяйств ежедневно перед выездом в рейс или выездом для выполнения сельскохозяйственной работы проходят предрейсовые медицинские осмотры.

Безопасность труда зависит от знания работниками правил по технике безопасности. Обучение работников хозяйства по охране труда осуществляется в соответствии с Порядком по охране труда и проверки знаний, требованиям охраны труда работников организации и обучение. Проводятся все виды инструктажей: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой. Вводный инструктаж проводит специалист по охране труда, остальные виды инструктажей - непосредственные руководители работ. Целевой инструктаж проводят, в основном, с работниками перед производством работ, требующих оформления наряда-допуска.

Все производственные объекты располагаются с соблюдением санитарно – защитных зон и противопожарных разрывов. Системы вентиляции и отопления на предприятии поддерживают параметры микроклимата в производственных помещениях в соответствии с требованием ГОСТ 12.1.005-88. Искусственное освещение производственных помещений соответствует

требованиям СНиП 23-05-95.

В соответствии с типовыми отраслевыми нормами работники предприятия обеспечиваются средствами индивидуальной защиты, однако периодичность их выдачи предприятием не соблюдается из-за финансовых трудностей.

На работах, связанных с вредными условиями труда (с пестицидами, протравленными семенами) работникам не выдается молоко (по норме 0,5л за день фактической их занятости), что является нарушением статьи 222 Трудового Кодекса Российской Федерации.

Санитарно-бытовое обеспечение предприятия соответствует требованиям СНиП-2.09.04-87. Число кранов в умывальных соответствует нормам. В свинокомплексе имеются душевые, умывальные. Во всех населенных пунктах на территории предприятия исправно функционируют столовые и пункты медицинского обслуживания. Комнаты отдыха и места для курения предусмотрены во всех зданиях предприятия.

Пожарная безопасность зданий и сооружений соответствует требованиям ППБ-01-03. Обеспечение пожарной безопасности возложено на начальника пожарной охраны. Организована добровольная пожарная дружина. Все объекты подразделений снабжены огнетушителями и противопожарными щитами, емкостями с водой. Водозабор осуществляют с водонапорных башен и из пожарных гидрантов, установленных в канализационных колодцах в конце каждой улицы и на перекрестках. Также на случай возникновения пожара за жителями закреплен пожарный инвентарь, с которым они должны прибыть на место пожара.

Дороги, ведущие к производственным объектам, находятся в удовлетворительном состоянии. Перевозка людей на работу и с работы осуществляется специальным автобусом.

Для снижения показателей травматизма работников предприятий предлагаем следующие мероприятия:

- внедрить систему материального стимулирования работников за

безопасный труд;

- соблюдать сроки носки спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, установленные типовыми отраслевыми нормами.

- Организовать выдачу молока на работе с вредными условиями труда по норме 0,5 литров в смену в соответствии с приказом с министерством здравоохранения и социального развития РФ от 16.04.2009 г. №45Н

В данной выпускной квалификационной работе разработан чизельный плуг для основной обработки почвы. Данная конструкция соответствует требованиям технологии производства по ГОСТ 12.2.003-74 и ГОСТ 12.3.003-78.

Для исключения травматизма навешивание плуга к тракторам класса 5 необходимо проводить с соблюдением мер безопасности. Машину навешивают на трактор на ровной площадке. Перед началом движения тракторист должен убедиться в отсутствии людей в направлении движения и подать предупредительный сигнал о начале движения. Подают трактор к машине задним ходом до полного соприкосновения тяг навески трактора с сцепным устройством плуга. Фиксируют зацепление пальцами, которые стопорятся шплинтами. Включают гидромеханизм навесного устройства трактора на подъем и поднимают машину в транспортное положение. Регулируют навесной механизм трактора так, чтобы все рабочие органы прилегали к поверхности ровной площадки. Для отсоединения машины тракторист опускает навеску, отсоединяет стопор и выбивает пальцы, затем отъезжает.

#### **2.4 Физическая культура на производстве**

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты

стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

## **2.5 Мероприятия по охране окружающей среды**

Основными вопросами по охране окружающей среды, на которые сосредоточено внимание специалистов хозяйства, является рациональное использование земельных ресурсов, а также противозерозионная обработка их.

На предприятии осуществляются мероприятия дифференциального применения противозерозионных мер. В последнее время против ветровой эрозии все чаще используют обработку почвы с оставлением стерни. Использование чизельных плугов в значительной степени сокращает водную и ветровую эрозии, а также улучшает пищевой и водный режим почвы.

На предприятии разработаны следующие мероприятия по защите почв от эрозии:

- о обработке почв поперек склонов и по горизонтали;
- посадка лесных защитных насаждений;
- основная плоскорезная обработка.

Также источниками загрязнения окружающей среды являются выхлопные газы автотракторных двигателей, отработанные горюче-смазочные материалы и рабочие жидкости. Для предотвращения вреда, которые могут нанести окружающей среде выше перечисленные факторы необходимо: регулировать систему питания автотракторных двигателей для снижения токсичности выхлопных газов; устранить подтеки топлива, масла и других технических

жидкостей; производить заправку тракторов и других сельскохозяйственных машин вне поля исправными заправочными устройствами; собирать отработанные рабочие жидкости в специальные емкости и отправлять на переработку.

Машинная деградация почв возникает вследствие использования в сельском хозяйстве тяжелых энергонасыщенных комбайнов и других сельскохозяйственных машин, вызывающих уплотнение почвы, разрушение структуры, ухудшение пищевого и водного режима, угнетение биологической активности. Образующиеся на полях колеи оказывают отрицательное влияние на качество обработки почвы, глубину заделки семян и вызывают снижение полевой всхожести, неодновременное созревание, в результате чего снижается урожайность.

Использование чизельных плугов в значительной степени снижает уплотнение почвы, а значит, улучшает пищевой и водный режимы почвы

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Описание конструкции и правила эксплуатации машины

Техническая характеристика приведена в таблице 3.1

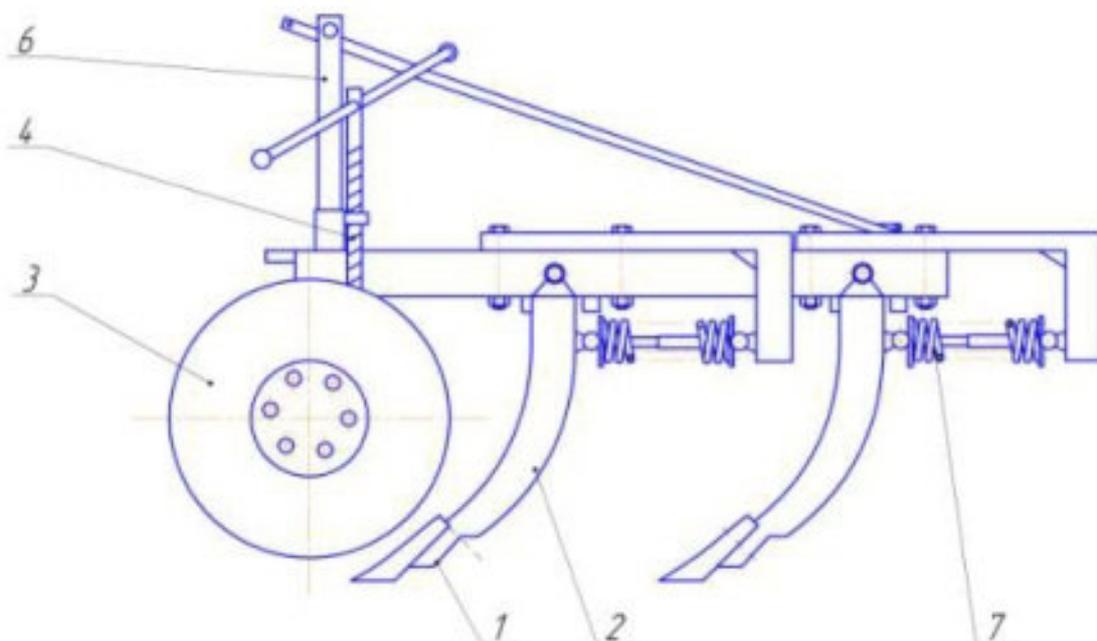
Таблица 3.1 Техническая характеристика чизельного плуга ПЧ-2,5

Наименование	Значения показателей	Единицы измерения
1. Производительность за час чистой работы при скорости до 8 км/ч	га/час	до 1,5
2. Рабочая скорость движения	км/час	до 12
3. Глубина пахоты	см	до 45
4. Ширина захвата плуга	м	2,5
5. Транспортная скорость	км/час	до 30
6. Масса машины сухая (конструктивная)	кг	780
7. Габаритные размеры плуга в рабочем положении длина- ширина- высота мм.		2360- 2565 - 1590
8. Количество обслуживающего персонала	1 тракторист	
9. Количество корпусов	шт	5
10. Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы	мм	800

#### Описание устройства

Плуг содержит следующие основные узлы (см. рисунок): раму, пять наклонных чизельных рабочих органов, параллелограмный предохранительный механизм, выравниватель.

					<b>ВКР 35.03.06.198.21ГЧ.00.00.000 ПЗ</b>		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	<b>Конструкторская разработка</b>  Казанский ГАУ, каф. МОА		
Разработ.	Нурислямова Б.			03.21			
Руковод.	Халиуллин Д.Т.		<i>Д.Т.</i>	03.21			
Комп.зам.							
Норм.зам.	Халиуллин Д.Т.		<i>Д.Т.</i>	03.21			
Зав. каф.	Халиуллин Д.Т.		<i>Д.Т.</i>	03.21	Лист	Лист	Листов
					ВКР	1	10



- 1 – долото; 2 – стойка; 3 – колесо; 4 – винт регулировочный; 6 – цепное устройство;  
7 – пружина

Рисунок 3.1 – Общий вид чизельного плуга

Переведение плуга из транспортного состояния в рабочее и наоборот, осуществляется гидросистемой трактора.

Чизельный наклонный рабочий орган состоит из стойки, закрепленной на листе при помощи двух болтов, которая приварена к раме. Выравниватель закреплён к раме при помощи тяг, которые закреплены на раме при помощи четырёх болтов. Во всех открытых местах установлены уплотнители.

Рама (лист 6 графического материала), состоит из балок трубчатого сечения, которые свариваются между собой посредством накладок. На балках приварены пластины, кронштейны, опоры для крепления механизма поворота предохранительного механизма.

Параллелограмный предохранительный механизм состоит из трёх тяг, одной штанги и пружины с опорами. Опоры приварены к раме. Тяги и штанга шарнирно между собой соединены.

Выравниватель состоит из семи дисков с семью отверстиями каждый. Отверстия каждого рядом расположенного диска повернуты друг относительно друга на  $15^{\circ}$ . Стальные трубчатые прутья установлены в соответствующие

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

*ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ*

Лист

2

отверстия дисков под углом к горизонтали. В данной конструкции выравниватель также служит регулятором глубины

### *Руководство по эксплуатации*

Плуг чизельный навесной - почвообрабатывающее орудие служащий для противэрозийной обработки с возможностью работать в каменистых почвах.

При проведении технического обслуживания следует соблюдать "Санитарные правила организации технических процессов и технические требования к производственному оборудованию", "Правила техники безопасности при работе на тракторах, сельскохозяйственных и специализированных машинах", а также требования ГОСТ 12.3.002-75 и ГОСТ 12.2.019-86. Строгое соблюдение правил техники безопасности является обязательным при приемке, транспортировке, подготовке к работе и в процессе эксплуатации плуга, а также при проведении технического обслуживания, устранения неисправностей, постановке на хранение.

1. К работе с плугом допускаются лица, изучившие настоящее руководство и получившие инструктаж по технике безопасности.

2. При приемке плуга зачаливание производить в специально предусмотренных местах, обозначенных знаком "место строповки".

3. При расконсервации, а также при постановке плуга на хранение строго соблюдать правила противопожарной безопасности и гигиены труда.

4. При подготовке плуга к работе, а также при постановке на хранение снимать, и устанавливайте тяжелые сборочные единицы и детали с соответствующими мерами предосторожности. При этом максимально используйте подъемно-съемочные приспособления и механизмы, а также осмотрите крепления основных деталей и сборочных единиц.

5. Осмотрите и убедитесь в надежности крепления основных деталей и сборочных единиц.

6. Перед началом движения агрегата подайте звуковой сигнал. Трогайтесь с места плавно, без рывков.

Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата

*ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ*

7. При трогании с места и переездах, а также, прежде чем поднять или опустить плуг, убедитесь в отсутствии людей около плуга.

8. Категорически запрещается:

- работать с неисправным плугом,
- находиться возле агрегата во время поворота,
- регулировать плуг, подтягивать болты, натягивать ремни на ходу или в транспортном положении,
- производить обслуживание, устранять неисправности при поднятом плуге и работающем двигателе трактора;
- сдавать трактор назад и делать повороты с заглубленными рабочими органами.

9. Очистку рабочих органов производить специальным чистиком

#### *Подготовка плуга к работе*

Плуг с завода-изготовителя отгружается в собранном виде.

1. Внимательно осмотрите плуг, проверьте крепление рабочих органов, надёжность крепления предохранительного устройства.

2. Плуг навешивается на трактор на ровной площадке в следующей последовательности: подайте трактор задним ходом до совмещения концов нижних тяг системы с пальцами крепления рамы плуга. Опустив нижние тяги (при плавающем положении рукоятки распределителя) соедините их шаровые шарниры с пальцами рамы плуга и закрепите чеками. После присоединения раму плуга выравнивают в горизонтальном положении вращением винтовых муфт регулируемых раскосов и винта верхней тяги.

3. Отсоединение плуга производится в следующей последовательности:

- опустите нижние плоскости рабочих органов,
- на "плавающем" режиме опустите плуг на ровную поверхность почвы,
- разъедините верхнюю тягу и нижние тяги трактора от рамы плуга.

4. Плуг агрегируется с тракторами класса 5,0 кН (К-700, К-701).

5. Категорически запрещается работать при свободном ходе раскосов.

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		4

### *Отробование плуга*

1. Припашку плуга рекомендуется производить следующим образом

- устанавливается глубина пахоты;

- регулировкой положения выравнивателя задается глубина вспашки;

- регулировкой тяг навески трактора рама плуга устанавливается горизонтально в поперечной и продольной плоскости, что обеспечивает равномерную глубину вспашки;

- после установки заданной глубины пахоты стойка выравнивателя должна быть застопорена в державке упорным болтом с гайкой;

- поворот агрегата для заезда в следующую борозду производится только при полностью выглубленном и поднятом в транспортное положение плуге;

- пахота производится при "плавающем" или "нейтральном" положении рукоятки распределителя

2. После окончания обкатки (припашки) плуга проводят техническое обслуживание и, в зависимости от времени года, ставят на хранение или запускают в эксплуатацию.

### *Правила эксплуатации и регулировки*

В систему мероприятий по подготовке плуга к работе входят проверка правильности сборки и технического состояния плуга, установки на плуге рабочих органов; настрой плуга на заданную глубину вспашки, настрой предохранительного механизма.

Собранный плуг проверяется на ровной площадке, для проверки его устанавливают так, чтобы рабочие органы опирались нижними краями на площадку, а рама была горизонтальной. У правильно собранного плуга рабочие органы должны быть параллельны между собой, а нижние края лежать на одной прямой.

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

Продольный перенос плуга устраняют, укорачивая или удлиняя центральную тягу навесной системы трактора. Поперечный перенос плуга выравнивают, изменяя длину правого раскоса навески.

1. При запуске плуга в работу произвести соединение плуга с трактором и регулировки согласно указаниям.

2. Во время работы плугом соблюдать следующие правила:

- при забивании плуга сорняками, остановить агрегат, поднять плуг в транспортное положение и очистить.

3. Категорически запрещается круговая вспашка, повороты заглубленного плуга и подача назад заглубленного плуга.

4. При затуплении или износе долот заменить их запасными или сдать в ремонт.

#### *Техническое обслуживание.*

Технически исправное состояние и постоянная готовность плуга к работе достигается путём планомерного проведения работ по техническому обслуживанию. Своевременное и качественное выполнение ТО обеспечивает бесперебойную работу плуга, что способствует повышению производительности и увеличивает срок службы.

1. Техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке:

1.1 Техническое обслуживание при подготовке к обкатке:

- очистить от краски рабочие поверхности корпусов смывкой АФТТУМП 2648-78. Смывку наносить кистью, пульверизатором. После размягчения слоя краски она снимается ветошью;

- проверить надёжность креплений предохранительного устройства

1.2 Техническое обслуживание в период эксплуатационной обкатки:

- после каждого прохода проверить залипание рабочих органов, в случае наличия налипания остановить трактор и произвести очистку.

1.3 Техническое обслуживание после окончания эксплуатационной обкатки:

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		6

- очистить плуг от пыли, грязи, растительных остатков, произвести мойку и сушку плуга;

- проверить визуально техническое состояние узлов и деталей плуга, затяжку резьбовых соединений, при необходимости устранить выявленные отклонения.

## 2. Ежемесячное техническое обслуживание (ЕТО):

- очистить плуг от пыли, грязи и растительных остатков;

- проверить комплектность плуга и резьбовых соединений. При необходимости произвести ремонт и подтяжку;

- проверить техническое состояние изнашивающихся деталей рабочих органов. При необходимости заменить или заточить лезвие долота.

## 3. Техническое обслуживание перед началом сезона работы:

- осмотреть плуг, проверить его комплектность, проверить состояние износа деталей рабочих органов, затяжку крепежных соединений. В случае необходимости выполнить работы по приведению плуга в рабочее состояние: заменить изношенные до норматива лемеха и диски.

## 4. Техническое обслуживание при хранении:

### 4.1 При межсезонном хранении (перерыв в использовании до 10 дней):

Подготовка к хранению:

- очистить плуг от пыли, грязи, растительных остатков;
- произвести мойку и сушку;
- плуг установить на ровной площадке.

При снятии с хранения

- осмотреть плуг;
- проверить его комплектность. В случае некомплектности установить демонтированные детали.

### 4.2 При кратковременном (до 2-х месяцев) хранении:

При подготовке к хранению:

- очистить плуг от пыли, грязи, растительных остатков, произвести мойку и сушку;

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7



Таблица 3.2 Возможные неисправности и способы их устранения

Неисправность, ее внешнее проявление	Способ устранения
Плуг плохо заглубляется, выглубляется, ухудшается качество пахоты	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Если затупились долота, снять и заточить лезвия на наждаке до 1,65 мм</li> <li>2. Если долота изношены до выбраковочного размера - заменить новыми</li> </ol>
Часто, беспричинно срабатывает предохранительный механизм	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подложить шайбы между опорой и пружиной.</li> <li>2. При поломке пружины - заменить.</li> </ol>

### 3.2 Конструктивный расчет

#### 3.2.1 Расчет стойки

Для прочностных расчетов определим максимальное сопротивление которое может возникнуть на стойке [кН] /3/:

$$R_{\max} = R_{\delta} \cdot C, \quad (3.1)$$

где  $C$  - коэффициент пропорциональности,

$R_{\delta}$  - горизонтальная составляющая усилия на корпусе плуга [кН].

Примем  $C = 1,5$  /3/

$$R_{\max} = 8,5 \cdot 2,3 = 12,75 \text{ кН}$$

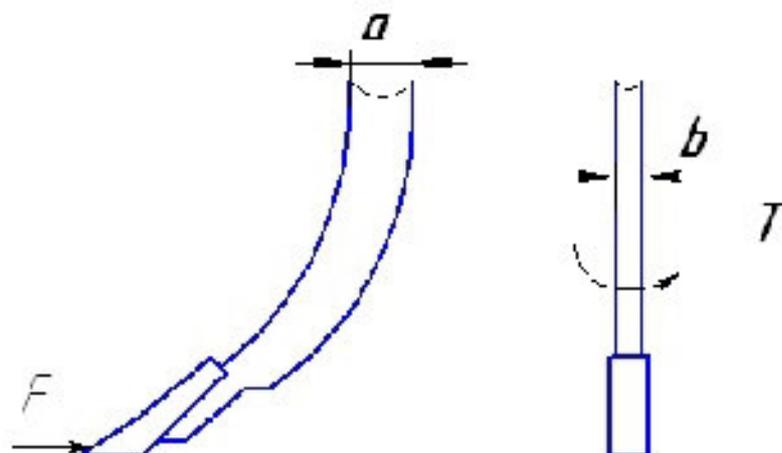


Рисунок 3.2 Расчетная схема стойки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ

Лист

9

$F=12,75\text{кН}$  - горизонтальная сила,

$l=0,389\text{м}$  – плечо действия силы  $F$ ;

$a=0,22\text{м}$  – ширина листа стоки,

$b=0,02\text{м}$  - толщина листа стойки.

На стойку действует крутящий момент  $T$  от силы  $F$  [кН/м]:

$$T = F \cdot l, \quad (3.2)$$

$$T = 12,75 \cdot 0,389 = 4,96 \text{ кН/м}$$

Материал стойки Сталь 40х,  $\sigma_T = 675\text{МПа}$ , [3]

$$[\tau] = 0,6 \cdot \sigma_T = 0,6 \cdot 675 = 405\text{МПа}$$

При кручении должно соблюдаться условие:

$$\tau = \frac{T}{W_p} \leq [\tau], \quad (3.3)$$

где  $W_p$  - момент инерции сечения [ $\text{м}^3$ ].

Для прямоугольного сечения момент инерции сечения

$$W_p = \frac{a \cdot b^2}{3}, \quad (3.4)$$

$$W_p = \frac{0,22 \cdot 0,02^2}{3} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$\tau = \frac{4960}{2,9 \cdot 10^{-5}} = 171,9\text{МПа}$$

$171,9\text{МПа} < 405\text{МПа}$  – условие прочности соблюдается.

### 3.2.2 Расчёт пружины предохранительного устройства

Витки пружины сжатия работают в основном на кручение [5]

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

**ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ**

Лист

10

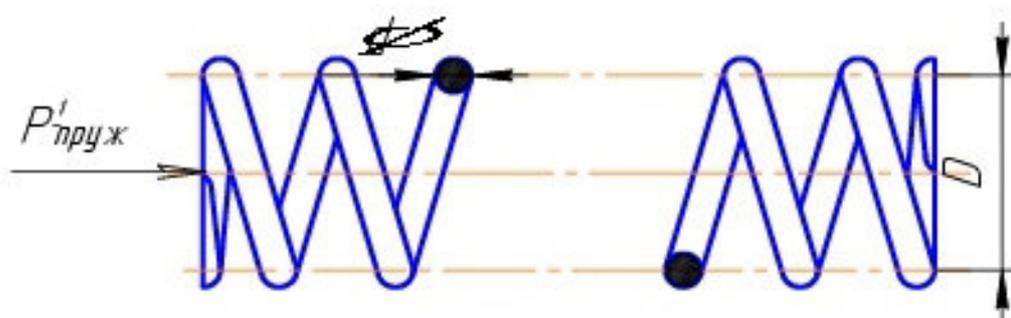


Рисунок 3.3 Расчётная схема пружины

Определим максимальные касательные напряжения [МПа] возникающие в пружине /5/

$$\tau_{\max} = \frac{M_k}{W_p} = \frac{8 \cdot P^1_{\text{пруж}} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (3.5)$$

где  $W_p$  – полярный момент инерции [мм<sup>3</sup>];

$M_k$  – крутящий момент [Н · м];

$P^1_{\text{пруж}}$  – усилие на пружине [Н];

$D$  – диаметр пружины [мм];

$d$  – диаметр проволоки пружины [мм].

$$P^1_{\text{пруж}} = 1803 \text{ Н}; \quad D = 64 \text{ мм}; \quad d = 8 \text{ мм}$$

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot 1803 \cdot 64}{3,14 \cdot 8^3} = 574,2 \text{ МПа}$$

Выбираем материал пружины пружинную сталь 60СГА /7/

$$\sigma_s = 1600 \text{ МПа.}$$

Для пружин допустимое напряжения [МПа] принимают /7/

$$[\tau] = 0,4 \cdot \sigma_s$$

$$[\tau] = 0,4 \cdot 1600 = 640 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется, так как:

$$640 \text{ МПа} \gg 574,2 \text{ МПа.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 3.3 Расчет экономической эффективности конструкции

В выпускной квалификационной работе предложена конструкция чизельного плуга для основной обработки почвы.

Экономический эффект достигается

Уменьшением тягового сопротивления плуга за счёт установки пружинного механизма, который обеспечивает вибрацию. Вибрация обеспечивает дополнительное крошение почвы и как следствие увеличивает урожайность возделываемой культуры. Кроме того, за счёт вибрации уменьшается тяговое сопротивление.

Для определения экономической эффективности внедрения в производство конструктивной разработки необходимо рассчитать затраты на изготовление [4].

Расчёт затрат на изготовление определяется:

$$C_{ц}^{н} = C_{к.д} + C_{о.д} + C_{п.д} + C_{сб.н} + C_{оп}, \quad (3.6)$$

где  $C_{к.д}$  - стоимость изготовления корпусных деталей, руб;

$C_{о.д}$  - затраты на изготовление оригинальных деталей, руб;

$C_{п.д}$  - цена покупных деталей, изделий, агрегатов, руб;

$C_{сб.н}$  - полная заработная плата (с отчислениями) производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб;

$C_{оп}$  - общепроизводственные расходы, руб;

Стоимость изготовления корпусных деталей определяется по формуле:

$$C_{к.д} = Q_{к} \cdot C_{т.д}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{к}$  - масса материала израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{т.д}$  - средняя стоимость 1 кг готовых деталей, руб/кг.

$$Q_{к} = 60 \text{ кг}; \quad C_{т.д} = 26 \text{ руб/кг.}$$

$$C_{к.д} = 60 \cdot 26 = 1560 \text{ руб.}$$

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Листы	№ докум.	Подпись	Дата		12

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяются:

$$C_{o.d} = C_{np.in} + C_{M1}, \quad (3.8)$$

где  $C_{np.in}$  - заработная плата рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, руб;

$C_{M1}$  - стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей [руб];

$C_3$  - стоимость материала заготовок, руб;

Полная заработная плата рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей определяется

$$C_{np.in} = C_{np1} + C_{д1} + C_{соц1}, \quad (3.9)$$

где  $C_{np.in}$  - заработная плата рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей [руб];

$C_{д1}$  - дополнительная заработная плата, руб;

$C_{соц1}$  - начисления по социальному страхованию, руб;

$$C_{np1} = t_1 \cdot C \cdot K_d \cdot n, \quad (3.10)$$

где  $t_1$  - средняя трудоёмкость изготовления отдельно оригинальных деталей, чел·ч;

$C_ч$  - часовая ставка рабочих по среднему разряду, руб;

$K_d$  - коэффициент учитывающий дополнительную оплату к основной заработной плате;

$n$  - количество деталей, шт.

$t_1=2$  чел·ч,  $C_ч=20,20$  руб – для третьего разряда;

$K_d=1.03$ ,  $n=20$  шт.

$C_{np1} = 2 \cdot 20,20 \cdot 1,03 \cdot 20 = 832,24$  руб.

$$C_{д1} = \frac{(5..12)C_{np1}}{100}, \quad (3.11)$$

Отсюда дополнительная заработная плата [руб]:

$$C_{д1} = \frac{10 \cdot 832,24}{100} = 83,224 \text{ руб.}$$

$$C_{соц} = \frac{1,26 \cdot (C_{нр1} + C_{д1})}{100}, \quad (3.12)$$

Отсюда начисления на социальное страхование, руб:

$$C_{соц} = \frac{1,26 \cdot (832,24 + 83,224)}{100} = 11,54 \text{ руб.}$$

Полная заработная плата на изготовление оригинальных деталей равна:

$$C_{тр.ин} = 832,24 + 83,224 + 11,54 = 927 \text{ руб.}$$

Стоимость материала заготовок для оригинальных деталей определяется, руб:

$$C_{м1} = Ц_1 \times Q_3, \quad (3.13)$$

где  $Ц_1$  - цена 1 кг материала заготовки, руб;

$Q_3$  - масса заготовок, кг.

$$Ц_1 = 26 \text{ руб/кг}; Q_3 = 60 \text{ кг.}$$

$$C_{м1} = 26 \cdot 60 = 1560 \text{ руб.}$$

$$C_{0.д} = 927 + 1560 = 2487 \text{ руб.}$$

Цена покупных изделий берётся по прейскуранту. Так как модернизируемый чизельный плуг за исключением рамы, пружины предохранителя стандартных крепёжных изделий полностью меняется, то за стоимость покупных деталей можем принять стоимость самой модернизируемой машины.

$$C_{п.д.} = 95 \text{ тыс.руб.}$$

Заработная плата рабочих, занятых на сборке определяется:

$$C_{сб.н} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб} \quad (3.14)$$

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_v \cdot K_c, \quad (3.15)$$

где  $T_{сб}$  - нормативная трудоёмкость на сборочных работах, чел.ч.

$$T_{сб} = K_c \times \sum t_{сб}, \quad (3.16)$$

где  $K_c$  - коэффициент учитывающий соотношение между полным и оперативным временем сборки;

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$t_{сб}$  - трудоёмкость составных частей конструкций, чел·ч.

$$K_c=1,08; t_{сб}=150 \text{ чел·ч.}$$

$$T_{сб}=1,08 \cdot 150=162 \text{ чел·ч.}$$

$$C_{сб} = 162 \cdot 20,20 \cdot 1,03 = 3370,57 \text{ руб.};$$

Дополнительная заработная плата, руб.:

$$C_{д.сб} = \frac{(5 \cdot 12) \cdot C_{сб}}{100}, \quad (3.17)$$

$$C_{д.сб} = \frac{10 \cdot 3370,57}{100} = 337,06 \text{ руб.}$$

$$C_{соц} = \frac{1,26 \cdot (C_{сб} + C_{д.сб})}{100}, \quad (3.18)$$

$$C_{соц} = \frac{1,26(3370,57 + 337,06)}{100} = 33,5 \text{ руб.};$$

Полная заработная плата [руб].:

$$C_{сб.к} = 3370,57 + 337,06 + 33,5 = 3741,13 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление, руб.:

$$C_{оп} = \frac{C_{тр}^1 \cdot K_{оп}}{10}, \quad (3.19)$$

где  $C_{тр}^1$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{оп}$  - коэффициент общепроизводственных расходов, %.

$$K_{оп} = 15 \dots 18\%.$$

$$C_{тр}^1 = C_{тр1} + C_{сб}, \quad (3.20)$$

$$C_{тр}^1 = 927 + 3370,57 = 4297,57 \text{ руб.}$$

$$C_{оп} = \frac{4297,57 \cdot 16}{10} = 6876,1 \text{ руб.}$$

$$C_{ц.н} = 95000 + 2487 + 3741,13 + 6876,1 = 108104,2 \text{ руб.}$$

Балансовая стоимость чизельного плуга ПЧ-2,5

$$B_c = 95000 \text{ руб.}$$

Стоимость разработанного плуга ПЧ-2,5М

$$C_{ц} = 108104,2 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные затраты на единицу работы разработанного плуга:

$$\mathcal{E}_{\text{зр}} = A + P + C + \mathcal{Z},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{зр}}$  - эксплуатационные затраты на единицу работы, руб.

Амортизационные отчисления на единицу обрабатываемой площади, руб/га

$$A = \frac{C_{\text{ч}} \cdot H}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{ср}}}, \quad (3.21)$$

где  $H=12.5\%$  - общая норма отчислений;

$T_{\text{ср}}$  - годовая фактическая загрузка машин, ч,

$$T_{\text{ср}} = 400 \text{ ч.}$$

$$A = \frac{108104,2 \cdot 20,20}{100 \cdot 2,8 \cdot 400} = 19,5 \text{ руб/га}$$

Отчисления на ремонт чизельного плуга ПЧ-2,5 составляет  $H=22\%$

$$P = \frac{95000 \cdot 22}{100 \cdot 2,6 \cdot 400} = 20,09 \text{ руб/га};$$

Стоимость ГСМ при расчёте на единицу работы

$$C = q \cdot C_{\text{ГСМ}}, \quad (3.22)$$

где  $q$  - расход топлива на единицу работы, кг;

$C_{\text{ГСМ}}$  - комплексная стоимость ГСМ, руб;

$$Q = 16,4 \text{ кг/га}, \quad C_{\text{ГСМ}} = 29 \text{ руб/кг.}$$

$$C = 16,4 \cdot 29 = 475,6 \text{ руб/га};$$

Зарботная плата механизатора определяется по формуле:

$$\mathcal{Z} = \frac{K_{\text{д}} \cdot T_{\text{с}}}{W_{\text{ч}} \cdot \tau_{\text{см}}}, \quad (3.23)$$

где  $K_{\text{д}}=1,03$  - коэффициент дополнительной оплаты,

$T_{\text{с}}=20,20$  руб - тарифная ставка по разрядам,

$W_{\text{ч}}=2$  га/час - часовая производительность агрегата,

$\tau_{\text{см}}=0,85$  - коэффициент использования времени смены.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

$$З = \frac{1,03 \cdot 20,20}{2 \cdot 0,85} = 12,3 \text{ руб/га}$$

Эксплуатационные затраты на плуг ПЧ-2,5М

$$\Xi = 20,09 + 12,3 + 19,5 + 475,6 = 527,49 \text{ руб/га.}$$

По данным Подскребко М.Д. при увеличении степени крошении почвы до 10% урожайность с/х культур увеличивается до 8-10 %. Поскольку при обработки предлагаемым орудием степень крошения почвы повышается следует ожидать увеличения урожайности. Предположим, урожайность увеличивается на 5 %.

При среднерыночной стоимости пшеницы за 2015г 2500 руб/ц, то прибыль с продажи составит 800руб/га. При площади 100га прибыль составит 80000руб.

Тогда срок окупаемости составит:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Xi^{100}}, \quad (3.24)$$

$$T_{ок} = \frac{13104,2}{80000} = 0,16 \text{ года.}$$

Внедрение предлагаемого пружинного механизма в хозяйствах увеличит тяговое сопротивление плуга, увеличится урожайность. Чизельный плуг с предлагаемым усовершенствованием окупится в течении 1 сезона.

### 3.4 Безопасность труда при работе с конструкцией

При эксплуатации чизельного плуга требования безопасности предусматривают следующее:

1. К работе на агрегате допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие удостоверение машиниста-тракториста категории Д.
2. Перед началом работы необходимо провести технический осмотр, как трактора, так и плуга. Технический осмотр включает в себя проверку надежности крепления рабочих органов и узлов плуга, давления в шинах и при необходимости их регулировки.

3. Выполнение работ при проведении технического обслуживания, устранении неисправностей, смене и регулировке рабочих органов плуга проводить только при выключенном двигателе трактора.

4. При осмотре и регулировке плуга, занимающего транспортное положение, нельзя находиться под ним. С острыми рабочими органами плуга следует обращаться осторожно. При обслуживании в поднятом состоянии плуг необходимо фиксировать подставками.

5. Не допускается выезд агрегата на работу, если гидросистема трактора не удерживает поднятое орудие.

6. Запрещается перевозить людей на раме плуга и находиться на близком расстоянии перед работающим агрегатом.

7. Запрещается во время движения подтягивать болты, очищать рабочие органы.

Микроклимат в кабине трактора оказывает большое влияние на тракториста-машиниста и, следовательно, на производительность труда. Основным источником повышения температуры является большая площадь стекол, необходимых для лучшего обзора и расположения кабины непосредственно вблизи нагревательных узлов машины. Применение тонированных стекол, защитных козырьков значительной степени уменьшает солнечную радиацию. Система вентиляции, установленная в кабине трактора должна обеспечивать следующие показатели: температура воздуха в течение всего года  $17...25^{\circ}\text{C}$ , запыленность воздуха не более  $3,4 \text{ мг/м}^3$ , относительная влажность воздуха  $35...60\%$ , скорость потока воздуха  $0,5 \text{ м/с}$ , объем свежего воздуха в закрытой кабине трактора  $30...50 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Перед началом работы в кабине трактора должны находиться приспособления для технического обслуживания трактора, бачок с водой (не менее трех литров), огнетушитель, лопата и медицинская аптечка /8/.

Запыленность воздуха на рабочем месте механизатора сельскохозяйственных машин также определяет степень комфортности и безопасности труда. Согласно ГОСТ 12.2.019-76 и стандарту СЭВ 3086-81,

					<b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ.00.00.000 ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		19

предельно допустимые концентрации различного вида пыли в воздухе рабочей зоны должны составлять от 1 до 10 мг/м<sup>3</sup>.

Улучшение условий труда путем нормализации параметров микроклимата в рабочей зоне тракториста делает его труд менее напряженным, более производительным. Данных условий можно добиться путем установки кондиционера в кабине трактора.

					<i><b>ВКР 35.03.06.198.21 ПЧ00.00.000 ПЗ</b></i>	Лист
Изм	Листы	№ докум.	Подпись	Дата		19

## ВЫВОДЫ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы:

1. На основе анализа существующих конструкций был разработан чизельный плуг ПЧ-2,5.
2. Применение предлагаемого чизельного плуга позволяет эксплуатировать его на всех типах почв. Установленный пружинный механизм улучшает крошение почвы, и заделка щели от стойки, что снижает испаряемость. Наклонная стойка дополнительно подрезает сорняки в горизонтальной плоскости. Поверхность долота выполнена в виде кривой – сплайн, что даёт более равномерное распределение давления по её поверхности, что в свою очередь, снижает тяговое сопротивление.
3. Конструктивный расчет показал, что разработанная конструкция работоспособна при соблюдении правил изготовления деталей и сборки.
4. На основе технико-экономического анализа видно, что капиталовложения по реконструкции чизельного плуга, окупаются за 1 сезон.
5. Разработана операционно-технологическая карта на посев комбинированной машиной.
6. Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев И.В. Справочник конструктора машиностроителя I,II,III тома /И.В. Анурьев М. Машиностроение.
2. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда [Текст]: Учеб. пособие для студентов средних спец. учеб. заведений. / П.П.Кукин [и др.]; отв. ред Л.А. Савина.- М.: Высшая школа, 2001.- 431с.
3. Белоцерковский, М.Ю. Эрозионно-экологическое состояние земель в России [Текст] / Белоцерковский // Земледелие.-1998.-№1. С.9-11.
4. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ (для студентов ИМ и ТС) Казань, 2009/
5. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. - М.: Машиностроение, 1977.
6. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009 - 20с.
7. ГОСТ 7.1 – 2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления – Введ. 2004 – 07 – 01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004 – 54с.
8. Детали машин и основы конструирования / Под ред. М.Н. Ерохина – М.: Колос, 2004.- 462.: ил.- (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
9. Дринча В.М., Борисенко И.Б., Плескачев Ю. Н. Агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий: Монография.- Волгоград: Перемена, 2004.- 146 с.
10. Зангиев А.А., Лышко Г.П. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. - М.: Колос, 1996.
11. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных

параметров и режимов работы 2-е изд., перераб. и доп. / Н.И. Кленин, В.А. Саун. – М.: Колос, 1980. – 671 с.

12. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Н.И.Кленин, А.В.Саун; под общ. ред. Л.П.Стрелецкой. - М.: колос, 1994. - 751с.
13. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / Сост. А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, С.М. Яхин, Д.Т. Халиуллин, И.И. Файзрахманов. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2016. – 208 с.
14. Федоренко В.И. Сопротивление материалов. - 8-е изд., стереотип. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. - 560 с.
15. Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1978.