

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции прицепного гидравлического грейдера на базе
колесного трактора Т-150К

Обучающийся

М.Э. Куян

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К».

Цель работы – разработка конструкции прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 116 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе представлена характеристика автогрейдеров, выполнен анализ применяемых прицепных грейдеров.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт трактора Т-150К, используемого для работы прицепного грейдера.

В третьем разделе выполнены расчеты подъёмного механизма отвала, поворотного механизма отвала, прочностной расчет отвала, рассмотрена конструкция грейдера прицепного. Проведена проектная разработка одноступенчатого червячного редуктора привода поворотного механизма отвала. При проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого прицепного гидравлического грейдера.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation project is: «The design development of a trailed hydraulic grader based on a «T-150K» wheeled tractor».

The graduation project consists of: an introduction, six parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the construction design of the trailed hydraulic grader. The maintenance of the specialized equipment for ground work isn't economically feasible for small farms and road construction companies. The use of the developed design of the trailed hydraulic grader will reduce the companies' operating costs.

We touch upon the problem of increasing the multifunctionality of using the «T-150K» wheeled tractor by developing the trailed hydraulic grader, because the cost of purchasing and using the individual graders with their limited functionality for several days a year is very high for agricultural companies.

The aim of the project is to develop the design of the trailed hydraulic grader based on the «T-150K» wheeled tractor.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: the review of the graders' technical characteristics; the analysis of existing trailer graders; the traction-dynamic calculation of the «T-150K» tractor; the calculations of the lifting and rotary mechanisms of the blade; the strength calculation of the blade; the consideration of the trailer grader construction; the design development of a single-stage worm reduction gear of the drive of the rotary mechanism of the blade; the determination of the organizational form of assembly of the designed trailed hydraulic grader, its technological process and labor intensity; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

The graduation project has a practical application for agricultural and road construction companies.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Характеристика автогрейдеров.....	7
1.2 Описание условий взаимодействия.....	8
1.3 Анализ применяемых грейдеров прицепных	16
1.4 Описание конструкции грейдеров.....	17
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	31
2.1 Определение тягового усилия тягового механизма	31
2.2 Определение требуемой мощности тягового механизма.....	33
2.3 Расчёт основных характеристик грейдера прицепного	36
3 Конструкторская часть	47
3.1 Расчет подъёмного механизма отвала.....	47
3.2 Расчет поворотного механизма отвала	49
3.3 Прочностной расчет отвала.....	52
3.4 Конструкция грейдера прицепного	54
3.5 Проектная разработка одноступенчатого червячного редуктора привода поворотного механизма отвала.....	58
4 Технологический раздел.....	71
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	72
4.2 Проектирование технологического процесса сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера.....	75
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	78
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	79
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	80
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	82
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	88

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера.....	91
6 Экономическая эффективность проекта.....	94
Заключение	103
Список используемой литературы и используемых источников.....	104
Приложение А. Спецификации.....	109

Введение

Улучшение дорожных покрытий, вернее грунтовых полотен, является одним из направлений повышения производительности сельскохозяйственных машин, снижения их поломок и затрат энергии.

Анализ современного состояния средств содержания грунтовых дорог в сельской местности показывает, что в то время, когда во многих странах уже имеется целая система полевых дорог, в России с ее огромной территорией еще продолжают использовать устаревшие средства.

В условиях фермерских хозяйств и относительно небольших коллективных предприятий содержание специализированной дорожно-строительной техники является экономически нецелесообразным. В связи с этим иногда для планирования грунтовых внутрихозяйственных временных дорог иногда используют «подручные» средства: перемещают трактором болванки массой от 2,5 до 3 т, используют бульдозеры.

Для содержания таких дорог в условиях сельскохозяйственных предприятий необходима машина, имеющая минимальную стоимость при достаточно высоких показателях и имеющая возможность агрегатирования с серийной сельскохозяйственной техникой. Такая машина позволит механизировать работы по строительству и восстановлению грунтовых дорог на сельскохозяйственных объектах, которые приобретают весьма актуальное значение.

Таким образом, разработка темы дипломного проекта представляется интересной и актуальной.

1 Состояние вопроса

1.1 Характеристика автогрейдеров

Автогрейдер – одна из основных дорожных машин, предназначенных для следующих работ: профилирования земляного полотна, возведения невысоких насыпей (высотой до 0,6 м), перемещения грунта и дорожно-строительного материала, планировки и срезки откосов, выемок и насыпей, планировки поверхности земляного дорожного полотна, площадей и дорожных оснований.

Автогрейдеры классифицируют по мощности двигателя по ГОСТ 9420-60. В зависимости от мощности двигателя различают автогрейдеры четырех типов:

- легкие – с мощностью двигателя до 63 л.с.;
- средние – с мощностью двигателя до 100 л.с.;
- тяжелые – с мощностью двигателя до 160 л.с.;
- особо тяжелые – с мощностью двигателя до 250 и более л.с.

В типаже главным параметром автогрейдеров принят вес. В соответствии с этим различают автогрейдеры пяти типов:

- I – вес 7-9 т,
- II – вес 10-12 т,
- III – вес 13-15 т,
- IV – вес 17-19 т,
- V – вес 21-23 т.

Классификация автогрейдеров по весу более правильно характеризует тяговые свойства автогрейдеров, так как между общим и сцепным весом автогрейдера имеется вполне определенная зависимость.

Конструктивные особенности автогрейдера характеризуются основными параметрами колесной формулой, приводом рабочих органов, управлением поворотных колес.

1.2 Описание условий взаимодействия

В дипломном проекте рассмотрена землеройная машина – грейдер.

Земляные сооружения представляют собой особую группу инженерных сооружений, образуемых в грунтовом массиве или возводимых из грунта. Земляные сооружения, расположенные ниже опорной поверхности называются выемкой, а выше – насыпью.

По назначению земляные сооружения можно сгруппировать следующим образом: гидротехнические (плотины, дамбы и тому подобное), мелиоративные (каналы, пруды, водопроводные и отводные каналы и тому подобное), дорожные (земляное полотно для железнодорожных и автомобильных дорог), основание для фундаментов зданий и сооружений.

Некоторые из земляных объектов требуют высокой точности по вертикальным и горизонтальным системам, как по размерам, клонам, так и по плотности грунта.

Для таких целей используются специальные машины авто- или прицепные грейдеры.

«Цикл работы автогрейдера состоит из зарезания грунта, поперечного и продольного его перемещения, разравнивания и планирования.

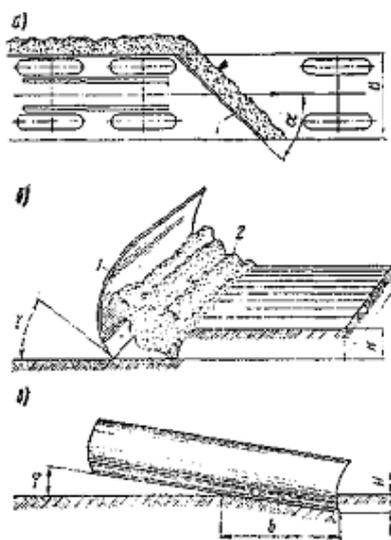
Зарезание грунта автогрейдером может производиться правым или левым концом отвала или сразу всей его длиной. Отвал во время зарезания может быть повернут по отношению к продольной оси машины в одну или другую сторону на какой-то наиболее оптимальный для конкретных условиях угол установки. Этот угол носит название угла захвата. Угол захвата образуется линией режущей кромки ножа отвала и продольной осью машины. От изменения этого угла зависит ширина полосы захвата за один проход автогрейдера и количество перемещаемого при этом грунта в поперечном направлении.

Положение отвала можно изменять также и в вертикальной плоскости, обеспечивая наиболее рациональные условия для резания грунта или

смещения дорожно-строительных материалов. Этот угол носит название угла резания. Он образуется касательной к поверхности ножа, проведенной через режущую кромку, и плоскостью срезания грунта» [1].

«Для обеспечения более правильного легкого и надежного зарезания грунта отвал автогрейдера, как правило, наклоняют в правую или левую стороны, то есть зарезание производят не всей длиной отвала, а одним или другим его концом. Этот угол носит название угла наклона отвала. Он образуется режущей кромкой ножа отвала и поверхностью грунта» [2].

На рисунке 1 представлены углы установки отвала автогрейдера.



а – угол захвата а; б – угол резания у; в – угол наклона отвала
1 – отвал; 2 – призма волочения; В – ширина захвата; Н – глубина резания;
с – ширина резания

Рисунок 1 – Углы установки отвала автогрейдера

«Изменение угла захвата отвала обеспечивается механизмом поворота отвала. При зарезании этот угол принимается в пределах $35-50^\circ$, что обеспечивает более легкое срезание стружки грунта и скольжение ее по отвалу, соответственно уменьшается и требуемая мощность двигателя. При перемещении грунта угол захвата принимается плавным $50-60^\circ$, являющимся наиболее оптимальным для выполнения основных операций. К тому же, чем больше угол захвата, тем шире захватываемая отвалом полоса обработки и

тем дальше в поперечном направлении направляется грунт в сторону. Выбор угла захвата не может быть чрезмерно большим, так как это может привести к перегрузке двигателя машины. При отделочных работах этот угол может достигать $45-90^\circ$ в зависимости от толщины планируемого слоя грунта. Угол захвата, близкий к 90° , принимается при окончательной отделке, когда перемещаемый слой грунта относительно незначителен. При угле захвата, равном 90° , отвал перемещает грунт вперед и в обе стороны разравниваемой поверхности, срезая при этом неровности и засыпая углубления.

Так как при перемещении и, особенно, при разравнивании грунта или дорожно-строительных материалов мощность автогрейдера не используется полностью, для увеличения производительности этой машины на левый конец отвала устанавливают удлинитель, позволяющий уменьшить количество проходов вследствие увеличения ширины обрабатываемой поверхности» [3].

«Угол резания, устанавливаемый изменением положения зубчатых секторов, при зарезании грунта принимается в пределах $40-45^\circ$. Для легких грунтов принимаются большие значения угла резания, для тяжелых грунтов - меньшие. При планировочных работах и работах по смещению дорожно-строительных материалов угол резания может быть принят близким к 60° .

Изменение угла наклона отвала достигается посредством механизма подъема и опускания отвала. В результате подъема одного или другого конца отвалу придается требуемый угол наклона. От величины угла наклона зависят глубина и ширина резания, соответственно и производительность автогрейдера. При постоянной глубине резания ширина резания будет тем большей, чем меньше угол наклона. Площадь срезаемой стружки и расстояние поперечного перемещения материала также будут больше при меньшем значении угла наклона. При постоянном угле наклона отвала с увеличением глубины резания увеличивается также и ширина резания. Для наиболее часто встречаемых в практике условий зарезания и перемещения грунтов угол наклона отвала принимается в пределах $11-15^\circ$ в зависимости

от состояния грунтов (для грунтов в естественном их состоянии принимаются большие значения, для рыхлых или разрыхленных грунтов - меньшие)» [20].

Разравнивание уплотненных грунтов и перемещение дорожно-строительных материалов выполняются при угле наклона в 2-3°.

Углы установки отвала автогрейдера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Углы установки отвала автогрейдера

Выполняемые операции	Углы установки отвала автогрейдера, град		
	захвата α	резания γ	наклона φ
Зарезание (первые проходы по каждому слою резерва):			
– неразрыхленные грунты I группы	40-45	до 40	до 13
– разрыхленные грунты I и III групп	35-40	45	13
Последующие зарезания (после пробивочных проходов)	35-45	45	3-5
Перемещение грунтов:			
– тяжелых	40-50	45	3-5
– легких	35-45	40	4-6
Разравнивание грунтов	55-60	45-60	до 1,5
Перемешивание грунтов и добавок:			
– сухие грунты и смеси	35	45	3
– грунты с вяжущими	35-40	45	2

Перед тем как приступить к работам по сооружению дороги, выполняют разбивку трассы, заключающуюся в обозначении и закреплении на местности основных точек поперечного профиля и плана. Для этого обозначают ось и бровки земляного полотна, основание откосов насыпей и выемок, резервов, dna водоотводных канав и тому подобное

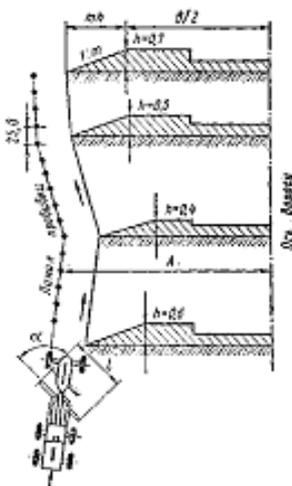
При разбивке земляных работ устанавливают высотные отметки, которые должны оставаться неповрежденными до окончания земляных работ. Высотные отметки определяют необходимую высоту насыпи с учетом разрыхленности грунтов и последующей их осадки.

При возведении насыпей автогрейдером делают разбивку линии первого зарезания с учетом установленного угла захвата. Особенно важное значение имеет первый проход автогрейдера, называемый пробивкой.

Поэтому в самом начале работ необходимо правильно установить отвал автогрейдера и правильно провести первую борозду, которая определит направление всех последующих проходов машины. Пробивка производится по отметкам, установленным при разбивке дороги, или после специальной разбивки - по колышкам или по движущейся вешке.

Проход первого зарезания выполняется от оси дороги на расстоянии, равном сумме из половины ширины насыпи верхней части полотна, заложения откоса насыпи и около одной трети длины отвала автогрейдера (рисунок 2), то есть: $A=B/2 + m \cdot h + l/3$.

Разработку резерва при возведении насыпей начинают от внутренней бровки. В зависимости от высоты сооружаемых насыпей применяют следующие способы перемещения и укладки грунта или других материалов - «вразбежку», «вполуприжим» и «вприжим». При сооружении насыпей, высота которых не превышает 0,4 м, применяется способ укладки «вприжим». Если высота насыпей будет превышать указанные размеры, когда требуется послойная отсыпка грунта с последующим послойным уплотнением, применяется другой способ укладки - «вполуприжим», причем толщина отсыпаемого слоя не должна превышать 0,25-0,30 м.



A – расстояние от оси насыпи до линии пробивки; B – ширина насыпи по верхней отметке; h – проектная высота насыпи

Рисунок 2 – Схема пробивки борозды первого зарезания

При укладке «вприжим» каждый последующий вал грунта плотно прижимается к ранее уложенному валу без оставления между ними зазора. Такой порядок укладки обеспечивается в результате того, что при перемещении следующего вала грунта край ножа автогрейдера подводится вплотную к ранее уложенному валу или с небольшим, в 5-10 см, захватом уложенного вала. Расстояние между гребнями валов составляет в этом случае 5-10 см. При укладке «вполуприжим» каждый последующий вал грунта только частично прижимается к ранее уложенному; расстояние между гребнями валов составляет при этом 20-40 см.

При укладке «вразбежку» валы грунта касаются друг друга только подошвами.

После того, как будет отсыпан грунт на ширину всего полотна дороги, включая обочины и откосы, то есть на ширину $B/2 + m \cdot h$, грунт разравнивают автогрейдером и уплотняют катками или другими грунтоуплотняющими машинами.

Зарезание грунта выполняют на передаче автогрейдера половиной длины ножа при относительно большой толщине срезаемой стружки, а перемещение и разравнивание - на II или на III передачах по возможности всей длиной ножа при относительно малой толщине стружки грунта. Работу выполняют с выступом отвала автогрейдера за основание перемещаемого валика на 0,1 м для связных и тяжелых грунтов и на 0,2 м для малосвязных и легких грунтов.

Водоотводные канавы (кюветы), предназначенные для отвода поверхностных вод, устраивают двух профилей - трапециoidalного и треугольного.

При строительстве автомобильных дорог, когда сооружение выполняется механизированным способом, внутренний откос кюветов принимается в пределах 1:2-1:3. Для кюветов лоткового типа, особенно в песчаных грунтах, внутренний откос принимается соответственно 1:3, а наружный - 1:1,5. Кюветы, устраиваемые в скальных породах, выбирают со

следующими соотношениями: внутренний откос с уклоном 1:3, а наружный в пределах 1:0,5. Глубина кюветов, отмечаемая от бровки земляного полотна до дна кювета, должна быть такой, когда низ дренажных устройств, отводящих воды от основания дорожной одежды, был выше дна кювета не менее чем на 0,2 м. При этом ширина дна (при трапецеидальном профиле) должна быть не менее 0,4 м. Продольный уклон кюветов, как правило, должен соответствовать уклону дорожного полотна, но не менее 2-3 и не более 20-25.

При устройстве водоотводных канав автогрейдером применяют отвал и откосник. Для устройства канав треугольного профиля достаточно применения одного отвала, а для канав трапецеидального профиля - отвала и откосника.

Применяются два способа устройства корыта - с присыпными и с полуприсыпными обочинами. По первому способу корыто устраивают одновременно с устройством земляного полотна. В этом случае грунт вырезают из боковых резервов и перемещают его не до оси полотна, а разравнивают на обочинах, образуя стенки корыта.

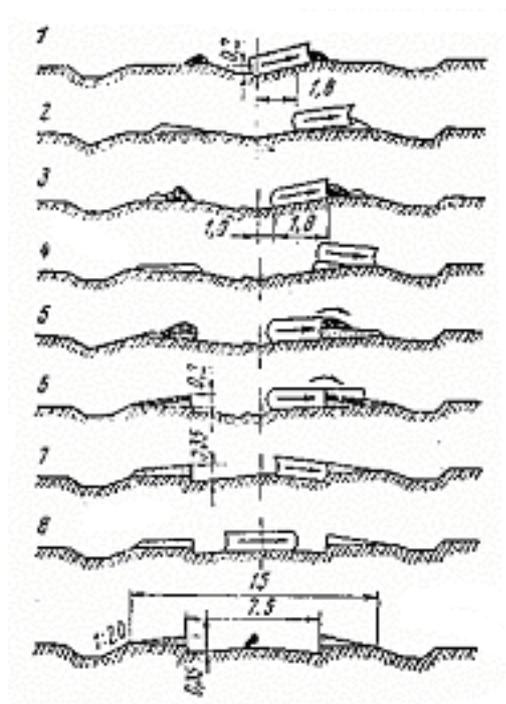
По второму способу корыто устраивают на ранее отсыпанном и уплотненном земляном полотне, когда между отсыпкой земляного полотна и устройством одежды проходит длительное время, а также при строительстве дороги в выемке.

Устройство в готовом земляном полотне корыта с образованием полуприсыпных обочин обеспечивается круговыми проходами автогрейдера, который вырезает грунт по контуру будущего корыта с перемещением на обочины дороги. Прежде чем устраивать корыто, грунт необходимо уплотнить. Весь процесс устройства корыта состоит из восьми проходов (рисунок 3).

«Первым проходом производят первое зарезание по оси корыта с заглублением отвала на 10-20 см ниже отметки дна корыта. Вторым проходом вынутый грунт перемещают на обочину и укладывают в виде

валика. Третьим проходом производят новое зарезание с заглублением отвала на 2-4 см ниже дна корыта. Четвертым проходом оба вала разравнивают на обочине. Пятым проходом выполняют зарезание в месте примыкания корыта к обочине, при этом угол наклона отвала не должен превышать 6° » [4].

В этом случае зарезание выполняют сбрасывающей половиной отвала, в результате чего грунт на обочине укладывается плотно примыкающими друг к другу валами («вприжим»). Шестым проходом выполняют (с установкой на отвал удлинителя) окончательную отделку стыка обочины и корыта. Седьмым и восьмым проходами очищают и профилируют корыто.



1, 3, 5, 6, 7 – зарезание; 2,4 - перемещение; 8 – разравнивание дна корыта; 9 – поперечное сечение готового корыта земляного полотна

Рисунок 3 – Схема устройства корыта в готовом земляном полотне

При сооружении дорог в выемках корыто устраивают на полную глубину. При этом в качестве основной машины применяют не автогрейдер, а скрепер с удалением грунта за пределы выемки. Окончательную отделку корыта выполняют автогрейдером. Планировку основания корыта

автогрейдером выполняют за восемь проходов на участках длиной 200-300 м. Первые два прохода делают вдоль краев корыта при угле захвата 40-45°. Третьим проходом при угле захвата 90° разравнивают грунт. Четвертым, пятым и шестым проходами в той же последовательности при том же угле захвата вдоль краев корыта создают поперечный уклон дна корыта. Последние два прохода, седьмой и восьмой, выполняют также при угле захвата 90°. Угол наклона отвала при третьем и шестом проходах сохраняют в пределах 0°, а при седьмом и восьмом – устанавливают в зависимости от требуемого поперечного уклона корыта. После планировки основания корыта планируют обочины дороги за два круговых прохода с установкой угла захвата 50-70°.

1.3 Анализ применяемых грейдеров прицепных

«Грейдеры применяют в дорожном строительстве для профилирования поверхности грунта, возведения невысоких насыпей (до 0,6 м), перемещения грунта и дорожно-строительных материалов, планировки откосов, выемок и насыпей, устройства корыт и боковых канав, строительства, ремонта и содержания грунтовых, гравийных, асфальтобетонных и цементобетонных дорог. При железнодорожном, мелиоративно-ирригационном и гидротехническом строительстве, а также для очистки дорог и площадей от свежеснежного покрова.

Эти машины используют на строительстве дорог, начиная с подготовительных работ и кончая профилированием земляного полотна, так как они позволяют выполнять весь комплекс земляных работ – резание грунта, транспортирование его к месту укладки, укладывание и разравнивание грунта (не производится лишь уплотнение грунта). Профилирование дорожного полотна — основное назначение грейдера» [2].

«Грейдеры работают на режиме низких передач (3-4,5 км/ч). Легкие планировочные работы осуществляют на скорости до 10 км/ч; транспортные

скорости грейдеров достигают 15-20 км/ч. Выпускают тяжелые грейдеры (ДЗ-1, СД-107), различающиеся системами управления рабочими органами. По системе управления различают грейдеры с механическим и гидравлическим приводами для управления рабочими органами. Грейдер ДЗ-1 с механическим приводом выпускают в водном исполнении – прицепном, а грейдеры СД-107 с гидравлическим приводом в прицепном и полуприцепном вариантах. Прицепной грейдер агрегируется с трактором с помощью дышла, расположенного между передним мостом грейдера и трактором. Полуприцепной грейдер не имеет переднего моста и сцепляется с трактором непосредственно опорой, расположенной в передней части основной рамы. Тяжелыми грейдерами выполняют главным образом работы больших объемов по строительству дорог в средних и тяжелых грунтовых условиях. Грейдер СД-107 предназначен для работы с трактором, снабженным гидравлическим оборудованием» [25].

Грейдер в полуприцепном исполнении по параметрам приближается к автогрейдеру. Это определяется возможностями трактора, в соединении с которым работает грейдер, так как в этом случае трактор дополнительно нагружен весом грейдера и вертикальными нагрузками, действующими на рабочий орган.

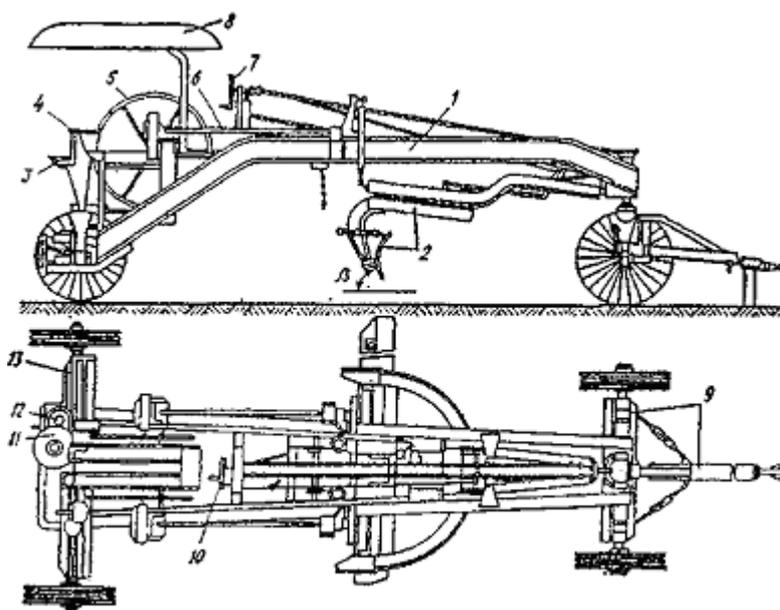
1.4 Описание конструкции грейдеров

«Основным рабочим органом прицепных и полуприцепных грейдеров служит отвал, который можно устанавливать в разные положения. Кроме того, грейдеры для выполнения различных работ оборудуют удлинителем отвала, откосником и планировщиком откосов.

Удлинитель отвала навешивают на отвал при перемещении и разравнивании грунта. Это дает возможность разрабатывать участок дороги более широкой полосой, максимально использовать мощность трактора, а следовательно, повышать производительность грейдера. Откосник

профилирует треугольные и трапециевидные сечения кюветов (канав). Планировщиком откосов планируют откосы насыпей и выемок при движении грейдера сверху по бровке» [23].

«Грейдер ДЗ-1 (рисунок 4) состоит из основной рамы 1, рабочего органа 2, переднего 9 и заднего 13 мостов, механизма 10 выноса отвала, механизма 11 выноса основной рамы в сторону, рабочей площадки 12, сиденья 3, механизмов 4, 7 наклона задних и передних колес, механизма 5 подъема и опускания отвала, механизма 6 поворота отвала, тента 8» [22].



1 – основная рама; 2 – рабочий орган; 3 – сиденье; 4,7 – механизмы наклона задних передних колес; 5 – механизм подъема и опускания отвала; 6 – механизм повороте отвала; 8 – тент; 9, 13 – передний и задний мосты; 10 – механизм выноса отвала; 11 – механизм выноса основной рамы в сторону; 12 – рабочая площадка

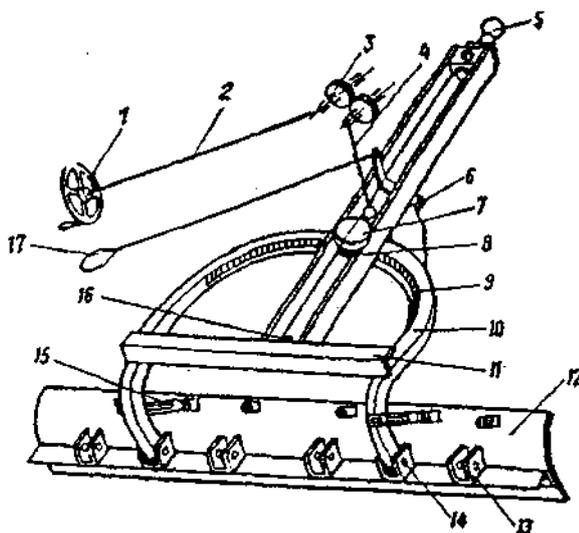
Рисунок 4 – Грейдер ДЗ-1

«Основная рама 1 выполнена из двух продольных гнутых швеллеров, связанных между собой поперечными балками. С передним мостом 9 рама соединена шаровым шкворнем, обеспечивающим свободу их взаимных перемещений; с задним мостом она соединена жестко. На тяжелых грейдерах рама может сдвигаться относительно моста вправо и влево.

В плане рама имеет вид равносоставленной трапеции, суживающейся к

передней части. В середине ее предусмотрены кронштейны для установки редукторов и корпусов подшипников механизмов управления, а также рабочей площадки машиниста.

Рабочий орган и механизм поворота отвала (рисунок 5) состоит из отвала 12 с ножами, поворотного круга 10, тяговой рамы 11. Отвал 12 с ножами крепят к поворотному кругу проушинами 13, гребенками 15 и пальцами 14. Поворотный круг 10 соединен с рамой 11 шкворнем 16, на котором с помощью редуктора 7 он поворачивается относительно тяговой рамы» [22].



1 – штурвал; 2 – соединительный вал; 3, 8 – шестерни; 4 – телескопический вал;
5 – шарнирное звено; 6 – защелка; 7 – редуктор; 9 – зубчатый сектор; 10 – поворотный
круг; 11 – тяговая рама; 12 – отвал; 13 – проушина; 14 – палец; 15 – гребенка;
16 – шкворень; 17 – тяга

Рисунок 5 – Схема рабочего органа и механизма поворота отвала грейдера ДЗ-1

«Передняя часть тяговой рамы соединена шарнирным звеном 5 с основной рамой грейдера, задняя – подвешена к кривошипам механизма подъема и опускания отвала двумя телескопическими тягами, устанавливаемыми на основной раме. Защелка б фиксирует отвал на нужном угле захвата. Данная конструкция рабочего органа позволяет поворачивать отвал относительно тяговой рамы на ограниченный угол» [22].

«Установка ножей отвала при работе характеризуется углами захвата α , наклона (зарезания) γ , резания β .

Угол захвата образуется продольной осью отвала и продольной осью грейдера. Угол захвата α изменяют для того, чтобы срезаемый грунт не только перемещался вперед отвалом, но и смещался по отвалу в сторону к оси сооружаемой дороги или к обочине. В зависимости от угла захвата α меняются ширина захвата полотна дороги, скорость и легкость перемещения грунта вдоль отвала. Чем больше угол захвата, тем дальше поперечное перемещение грунта.

Величина угла захвата зависит от вида выполняемой работы и характера разрабатываемого грунта. При зарезании грунта отвалом угол захвата принимают 35...45°, при котором грунт легче срезается и быстрее скользит по отвалу.

Наибольший угол поворота круга 16 составляет 55° вправо и влево, что обеспечивает наименьший угол захвата 35°. При угле захвата меньше 35° возникает опасность бокового заноса и опрокидывания грейдера.

Угол наклона γ (угол зарезания) характеризует поперечный наклон отвала I поверхности земли. При зарезании отвал устанавливают под углом наклона не более 15°, а при отделочных работах – до 18°.

Для этого используют механизм подъема и опускания отвала. В процессе работы машины устанавливают каждый конец отвала на нужную высоту» [15].

«Угол резания β образуется передней плоскостью ножа и поверхностью грунта. Он показывает, под каким углом отвал грейдера находится к поверхности земли. Угол резания изменяют в зависимости от выполняемой грейдером работы и характера разрабатываемого грунта в пределах 30-60°. При этом наилучший эффект резания получается, когда угол заострения режущих кромок ножей составляет 25-26°.

При резании и перемещении грунта угол резания должен быть 35...45°, с увеличением угла резания возрастает удельное сопротивление резанию, а,

следовательно, и необходимая тяга. Поэтому надо стремиться работать с меньшими углами резания.

Отвал снабжен шестью проушинами 13, что позволяет располагать его в трех положениях: симметричном к оси поворотного круга, крайнем правом и левом положениях. Нужный угол резания устанавливается поворотом отвала относительно пальцев 14 проушин 13. Для удобства установки углов резания зубцы гребенки 15 предназначенной для фиксации отвала в требуемом положении, занумерованы» [21].

Рекомендуемые углы установки ножа отвала в зависимости от выполняемой грейдером операции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые углы установки ножа отвала грейдера

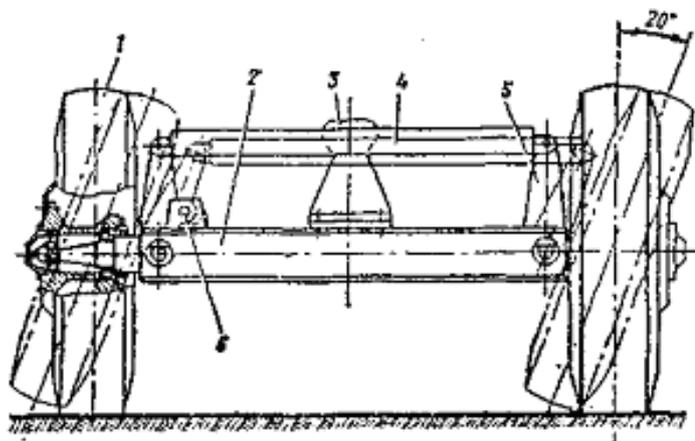
Рабочая операция	Углы, град	
	захвата λ	резания β
Резание грунта: – взрыхленного плугом – взрыхленного кирковщиком – невзрыхленного легкого	<50 30 - 35 <45	<40 <40 <35
Перемещение грунтов: – тяжелых – легких	40 - 50 35 - 45	50 40 - 45
Отделочные работы: – планировка – разравнивание – срезание откосов	45 - 60 55 - 90 60 - 65	40 - 50 40 - 60 35
Смешивание добавок: – сухая смесь – грунт с вяжущими смесями – срезание откосов	35 35 - 40 60 - 65	45 45 35
Смешивание добавок – сухая смесь – грунт с вяжущими смесями	35 35 - 45	45 45

«Механизм поворота отвала включает в себя штурвал 1, соединительный вал 2 редуктор с цилиндрическими шестернями 3, телескопический вал 4, редуктор 7 с коническими шестернями, на выходном валу которого насажена шестерня 8 находящаяся в зацеплении с зубчатым сектором 9 поворотного круга 10, защелку 6 тягу 17.

С помощью механизма поворота отвала устанавливают отвал под нужным углом захвата путем вращения круга 10 в плоскости тяговой рамы.

Чтобы изменить угол захвата, тягой 17 воздействуют на защелку 6 и освобождают поворотный круг. Затем вращением штурвала 1 поворачивают круг 10 на необходимый угол и, отпустив тягу 17, запирают защелку на ближайшей отверстии круга» [3].

Передний мост (рисунок 6) состоит из балки 2, по концам которой шарнирно закреплены кривошипы 5 с полуосями. На полуоси на роликовых подшипниках; насажены колеса 1. Концы кривошипов 5 соединены поперечиной 4. На балке установлена шаровая опора 3, которая служит опорой для передней части основной рамы.



1 – колесо, 2 – балка, 3 – шаровая опора, 4 – поперечина, 5 – кривошип,
6 – чека

Рисунок 6 – Передний мост грейдера ДЗ-1

«Колеса 1 могут наклоняться в обе стороны на угол до 20° , что предохраняет грейдер от сдвига в сторону при воздействии на него боковых нагрузок. Такие нагрузки возникают при срезании откосов и работе на откосах или когда одно колесо находится, например, в кювете, а другое на обочине дороги.

Для фиксации переднего моста в транспортном положении машины предусмотрена чека 6, что особенно важно при гидравлическом управлении мостом в момент отсутствия давления в гидросистеме.

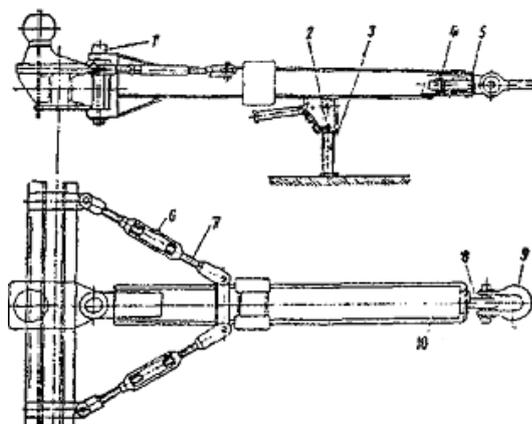
Шаровая опора 3 позволяет переднему мосту наклоняться в поперечной

плоскости до 40° и в продольной до 10° в каждую сторону от среднего положения. Это дает возможность грейдеру перемещаться за трактором по неровностям пути без перекоса основной рамы» [6].

«В зависимости от условий эксплуатации на грейдер устанавливают металлические или пневматические колеса. Для передачи тягового усилия от трактора к грейдеру ось переднего моста снабжена дышлом (рисунок 7) и прицепным устройством. С помощью дышла трактор можно установить со смещением к продольной оси грейдера, что позволяет грейдеру перемещаться за ним, смещаясь в ту или другую сторону со следа трактора, а машинисту хорошо видеть сооружаемую дорогу перед собой.

Балка 10 коробчатого сечения выполнена из двух угольников или швеллеров с передним мостом она соединена шкворнем 1 и двумя тягами 7, длина которых может изменяться натяжными муфтами 6. Меняя длину тяг, можно поворачивать дышло в горизонтальной плоскости в любую сторону на угол до 20° от среднего положения.

В передней части дышла расположена прицепная серьга 9 для присоединения грейдера к трактору. Серьга 9 прикреплена осью к шкворню 8, а последняя проходит через вкладыш 5, приваренный к коробке дышла, и закрепляется предохранительным штифтом 4» [7].

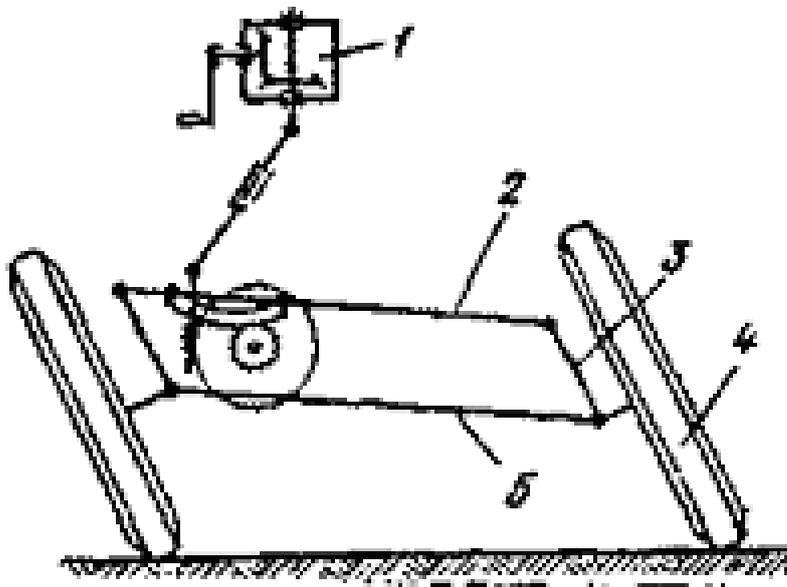


1, 8 – шкворни; 2 – фиксатор; 3 – стойка; 4 – штифт; 5 – вкладыш; 6 – натяжная муфта;
7 – тяга; 9 – прицепная серьга; 10 – балка

Рисунок 7 – Дышло грейдера ДЗ-1

«Дышло снабжено стойкой 3, которой оно опирается на грунт; положение стойки устанавливается фиксатором 2» [7].

Задний мост (рисунок 8) включает в себя балку 5, кривошпы 3, штангу 2, колеса 4 и механизм 1 наклона колес.



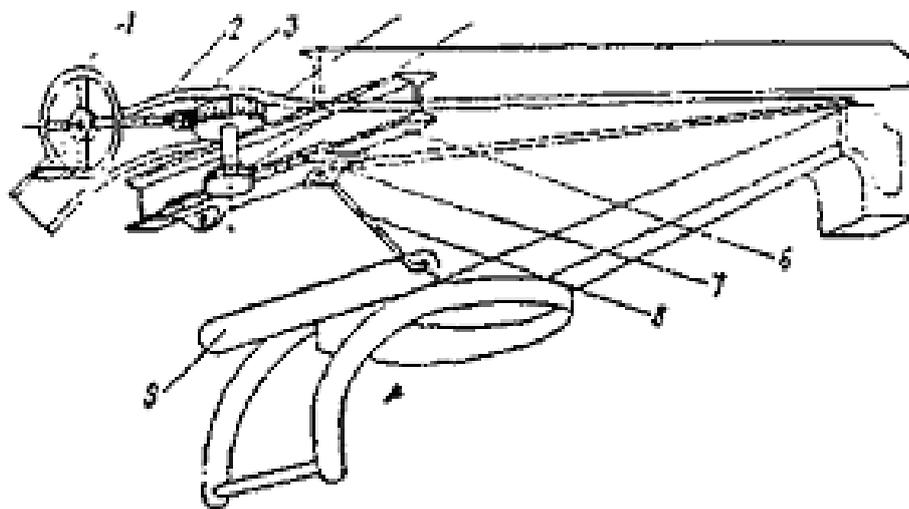
1 – механизм наклона колес; 2 – штанга; 3 – кривошип; 4 – колесо; 5 – балка

Рисунок 8 – Схема заднего моста грейдера

«Балка состоит из швеллеров, сваренных между собой. Концы балки выполнены в виде проушин с отверстиями для установки кривошпов 3, в верхней части связанных между собой штангой 2. Один из концов кривошпы служит одновременно цапфой, на которую через подшипники качения насажено ходовое колесо. На направляющие нижней поверхности моста подвешивают заднюю часть основной рамы грейдера» [7].

«Механизм выноса отвала в сторону (рисунок 9) состоит из штурвала 1, насаженного на вал 2, червяка 3, находящегося в зацеплении с червячным колесом 4, цилиндрической шестерни 5, установленной на валу червячного колеса 4. Цилиндрическая шестерня 5 зацепляется с рейкой 7, которая может скользить по направляющей балке б, укрепленной на основной раме. Рейка снабжена двумя ушками; в одно из них вставляется крюк тяги 3,

соединенный другим, концом с тяговой рамой 9. При вращении штурвала рейка с тягой перемещаются в ту или другую сторону, увлекая за собой тяговую раму» [8].



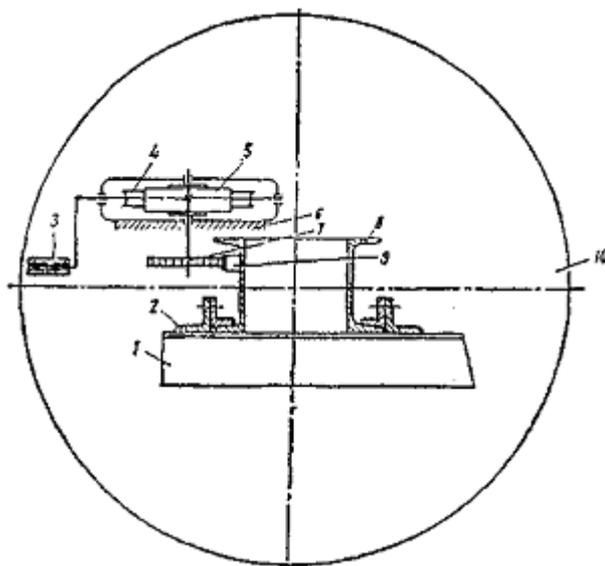
1 – штурвал; 2 – вал; 3 – червяк; 4 – червячное колесо; 5 – шестерня;
6 – направляющая балка; 7 – зубчатая рейка; 8 – тяга; 9 – тяговая рама

Рисунок 9 – Механизм выноса отвала в сторону грейдера ДЗ-1

В грейдере использованы две тяги разной длины: короткую тягу применяют при срезании откосов, длинную – во всех остальных случаях.

«Механизм выноса отвала вместе с механизмом подъема и опускания позволяет выносить отвал за пределы основной рамы и ставить его в положение для срезания откосов или косогулов. В этом случае максимально выносят тяговую раму в сторону, а затем, опустив отвал до грунта, удлиняют телескопическую тягу механизма подъема и опускания отвала, которая расположена со стороны, противоположной выносу, и устанавливают отвал в нужном положении» [10].

Механизм выноса основной рамы в сторону показан на рисунке 10.



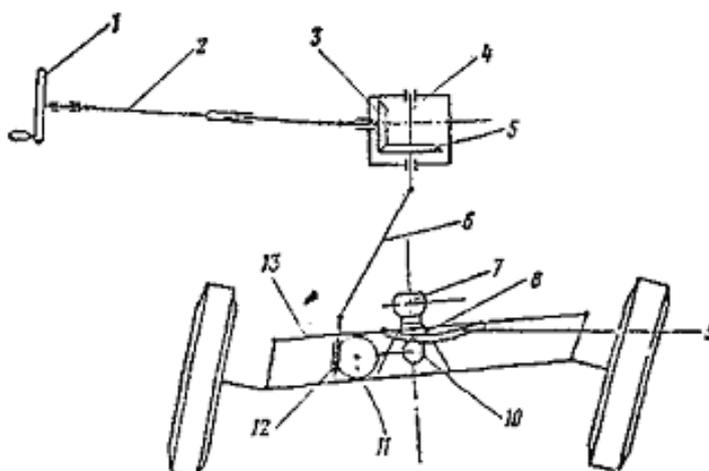
1 – направляющая основной рамы; 2 – угольник; 3 – рукоятка;
 4 – червячное колесо; 5 – червяк; 6 – основная рама; 7 – вал-шестерня;
 8 – швеллер; 9 – зубчатая рейка; 10 – колесо

Рисунок 10 – Схема выноса основной рамы грейдера ДЗ-1

«Основная рама 6 относительно балки заднего моста, состоящей из швеллеров 8, может перемещаться в сторону правого или левого колес 10 по направляющим 1, связанным между собой угольниками 2. Рама 6 перемещается рукояткой 3 редуктора, установленного на основной раме. При вращении червячной пары (колесо 4 и червяк 5) вращается вал-шестерня 7, находящаяся в зацеплении с зубчатой рейкой 9. Рейка установлена на одном из швеллеров 8. Рукоятка выноса рамы в сторону расположена сзади грейдера. Рама выносятся только при неподвижном грейдере. Наибольшее перемещение рамы от продольной оси составляет 350 мм» [9].

«Механизмом наклона передних колес (рисунок 11) управляют с рабочего места. Путем вращения штурвала 1 можно наклонять колеса в нужную сторону и на требуемый угол от штурвала вращение и крутящий момент через ряд звеньев передаются шестерне 10 и зубчатому сектору 9, чем обеспечивается перемещение поперечины 13, шарнирно связанной с кривошипами и полуосями моста. В результате этого колеса наклоняются. Так как в кинематическую цепь механизм наклона колес включена

самотормозящаяся червячная передача, отдельного тормоза для удержания колес в нужном положении не требуется» [13].



1 – штурвал; 2, 6 – валы; 3, 5 – конические шестерни; 4 – редуктор; 5 – зубчатый сектор;
7 – шаровая пята; 8 – опора; 10 – шестерня; 11 – червячное колесо, 12 – червяк;
13 – поперечина

Рисунок 11 – Схема механизма наклона передних колес грейдера ДЗ-1

«Механизм наклона задних колес подобен механизму наклона передних колес, но в конструкции нет шаровой пяты на оси моста и соединительного вала.

Механизм подъема и опускания отвала состоит из двух одинаковых конструктивных частей независимого управления подъемом и опусканием каждого конца отвала (правого и левого).

Для подъема или опускания отвала вращают штурвал 1, закрепленный на валу червяка редуктора, в результате чего через промежуточные элементы управления поворачивается кривошип 6, снабженный в нижней части шаровой опорой. Шатун 5 присоединен одним концом к опоре, а другим к тяговой раме.

Червячное колесо 3 при работе поворачивается в обе стороны в пределах 110–180°, поэтому оно изнашивается не по всей окружности. Это позволяет после изнашивания половины зубьев повернуть червячное колесо на валу 4 на 180° использовать неизношенные зубья. Для уменьшения

усилия на штурвале 1 при подъеме отвала предназначена пружина 9. Канат 8 одним концом закреплен и; кривошипе 6 и огибает два направляющих блока. Другой конец каната присоединен к пружине 9 амортизатора. Вторым концом пружина 9 связана с тягой 10, которая закреплена на основной раме грейдера. Внутри пружин 9 проходит тяга, обоими концами прикрепленная к основной раме, которая удерживает отвал при обрыве пружин» [14].

«Периодически необходимо проверять регулировку пружин 9 амортизаторов. Для этого кривошипы 6 устанавливают в крайнее положение (до упора в основную раму), в котором пружины не должны быть натянутыми, а канаты не иметь слабины.

Телескопический шатун 5 представляет собой трубу с отверстиями, внутри которой проходит стержень с таким же отверстием для пальца. В нижней части трубы шатуна предусмотрен болт, исключаящий люфт (слабину) стержня. При наибольшем заглублении ножа в грунт, а также выносе рамы в сторону устанавливают максимальную длину шатунов, а при транспортных положениях грейдера минимальную.

Для опускания отвала штурвалы вращают от себя, а для подъема - на себя. Если необходимо поднимать или опускать один конец отвала, то вращают один штурвал» [15].

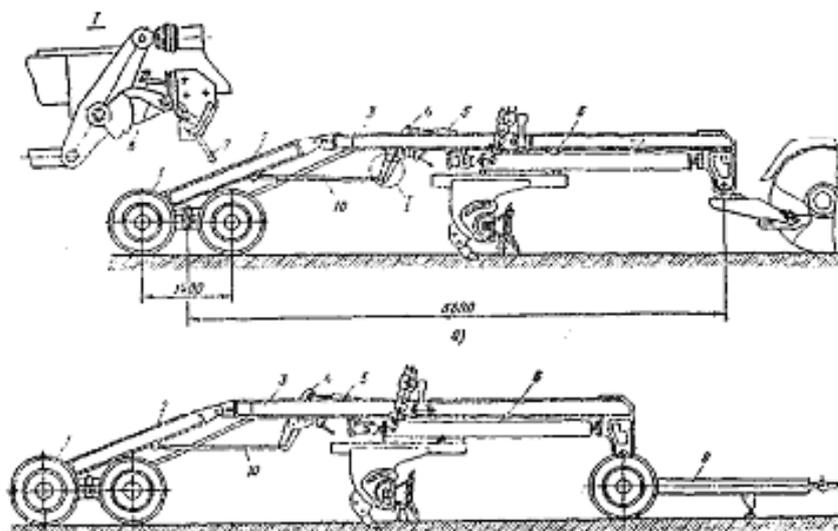
Рабочее место машиниста расположено в задней части грейдера. Здесь сосредоточены следующие элементы управления:

- слева от сиденья по ходу грейдера – штурвал для подъема и опускания левого конца основного отвала;
- справа – штурвал для подъема и опускания правого конца основного отвала;
- впереди – штурвалы механизмов поворота отвала, выноса отвала, наклона передних колес;
- сзади – штурвалы механизма наклона задних колес и механизма выноса основной рамы в сторону» [16].

«Грейдер СД-107 показан на рисунке 12. Основная рама состоит из

двух рам 2 и 3 шарнирно соединенных между собой. Рами 3 сварной конструкции в передней части снабжена опорным кронштейном, с помощью которого грейдер соединяют непосредственно с трактором (полуприцепной вариант грейдера) или через передний мост (прицепной вариант грейдера). Рама 2 сварной конструкции и шарнирно соединена с задним мостом грейдера. Между лонжеронами рамы 2 расположены съемный балласт и инструментальный ящик. Шарнирное соединение рам 2 и 3 между собой позволяет поднимать рабочее оборудование над грунтом, что требуется при транспортном положении грейдера. Это осуществляют помощью гидроцилиндра 5, рычага 4 и тяги 10» [18].

Крайнее верхнее положение рабочего оборудования фиксируется запорным I механизмом. Чтобы зафиксировать раму в этом положении, необходимо ручку 7 перевести вверх, а затем ручку гидрораспределителя установить в положение «Подъем». Для расфиксации рамы следует ручку 7 перевести вниз, ручку гидрораспределителя в положение «Подъем», а после выхода собачки 8 из зацепления - в положение «Опускание».



- а – полуприцепной, б – прицепной
 1, 9 – задний и передний мост; 2, 3 – дополнительная и основная рама;
 4 – рычаг; 5 – гидроцилиндр; 6 – рабочее оборудование; 7 – ручка;
 8 – собачка; 10 – тяга

Рисунок 12 – Грейдер СД-107

«Рабочий орган снабжен полноповоротным отвалом. Тяговая рама представляет собой сварную конструкцию треугольной формы. К раме приварены три поддерживающих башмака 14 поворотного круга, шаровые цапфы 9 и 17 гидроцилиндров подъема отвала и выноса рамы и закреплена передняя, шаровая опора 11, которой тяговая рама сочленяется с основной рамой. На тяговой раме размещены гидродвигатель 12, червячный редуктор 16 с малой шестерней поворотного круга. Поворотный круг 8, снабженный зубчатым венцом, вращается в поддерживающих башмаках тяговой рамы, в которых он удерживается подвесными кронштейнами 15. Положение переднего кронштейна регулируют болтами 13 и [прокладками. По бокам поворотного круга приварены кронштейны 7, на которых установлены отвал 1 и кирковщик 3» [18].

Целью проекта является технологическое обоснование технической возможности и экономической целесообразности использования гидравлических прицепных грейдеров.

Выводы по разделу.

В разделе представлена характеристика автогрейдеров, выполнен анализ применяемых прицепных грейдеров.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Определение тягового усилия тягового механизма

«Общий вес тягача связан со сцепным весом следующим соотношением:

$$G_{сц} = \psi \cdot G, \quad (1)$$

где ψ – коэффициент, определяемый в зависимости от колесной формулы: $\psi=0,70-0,75$ для формулы $1 \times 2 \times 3$ и $1 \times 1 \times 2$; $\psi=1,0$ для формулы $3 \times 3 \times 3$ и $2 \times 2 \times 2$ » [19].

$$G_{сц} = 0,75 \cdot 12,85 = 9,63 \text{ кН.}$$

«В свою очередь сцепной вес тягача определяет тяговое усилие на ведущих колесах:

$$P_C = G_{сц} \cdot \theta_C \quad (2)$$

где θ_C – коэффициент использования сцепного веса» [19].

$$P_C = 9,63 \cdot 0,55 = 5,3 \text{ кН.}$$

Величина $\theta_{сонт}$ в естественных условиях работы автогрейдера колеблется в пределах 0,45-0,55.

Наиболее эффективное использование автогрейдера будет в том случае, когда тяга на ведущих колесах равна оптимальной:

$$P_C = P_{сонт} = \theta_{сонт} \cdot G_{сц} = \psi \cdot \theta_{сонт} \cdot G, \quad (3)$$

$$P_{Conm} = 0,75 \cdot 0,55 \cdot 12,85 = 5,3 \text{ кН.}$$

«Оптимальное сечение стружки, разрабатываемой автогрейдером за один проход:

$$F_{onm} = \frac{P_{Conm}}{K} = \frac{\psi \cdot \theta_{Conm} \cdot G}{K} \quad (4)$$

где K – расчетный коэффициент сопротивления грунта копанию, учитывающий как резание, так и перемещение грунта, принимается равным 20000 Н/м^2 » [19].

$$F_{onm} = \frac{5,3 \cdot 10^3}{20000} = 0,265 \text{ м}^2.$$

«Если для выполнения данной работы необходимо вырезать грунт сечением S , то количество проходов по резанию n определится из выражения:

$$n = \frac{m \cdot S}{F_{onm}} = \frac{m \cdot S \cdot K}{\psi \cdot \theta_{Conm} \cdot G}, \quad (5)$$

где m – коэффициент, учитывающий неравномерность сечения стружки при последовательных проходах и возможное уменьшение сцепного веса из-за реакции грунта, принимается равным 1,25.

S – сечение стружки при последовательных проходах, принимается равным $0,88 \text{ м}^2$ » [19].

$$n = \frac{1,25 \cdot 0,88}{0,265} = 4,1.$$

Следует отметить, что число проходов по зарезанию n должно быть целым числом, поэтому принимаем $n=4$.

2.2 Определение требуемой мощности тягового механизма

Для определения мощности на отвале, соответствующей оптимальной свободной силе тяги P_{Comm} , необходимо знать фактическую скорость v_ϕ движения автогрейдера при выполнении им заданной рабочей операции, так как:

$$N_0 = P_{Comm} \cdot v_\phi, \quad (6)$$

$$N_0 = 5,3 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \cdot \frac{1}{3600} = 29,3 \approx 30 \text{ кВт.}$$

Наблюдая за работой автогрейдеров в эксплуатационных условиях показывают, что при вырезании кювета фактическая рабочая скорость машины без применения автоматов не может превышать 4-4,5 км/час. При больших значениях фактической скорости грейдерист не успевает следить за изменением рельефа, что приводит либо к сильному буксованию машины, либо к недоиспользованию ее мощности и в обоих случаях к уменьшению производительности.

Для определения всей потребной мощности необходимо к мощности на отвале прибавить затраты мощности на буксование N_δ , и на перекачивание тягача N_f .

Суммарная мощность на ведущих колесах:

$$N_\Sigma = N_0 + N_\delta + N_f \quad (7)$$

«Потеря мощности на буксование объясняется тем обстоятельством, что ведущее колесо, развивая тяговое усилие, обязательно буксует, причем коэффициент буксования:

$$\delta = \frac{v - v_{\phi}}{v}, \quad (8)$$

где V – линейная скорость средней точки контакта ведущего колеса относительно его центра;

V_{ϕ} – фактическая поступательная скорость центра колеса, принимается равным в диапазоне от 1,0 до 1,25 м/с» [19].

Оптимальной силе тяги P_{Conn} соответствует величина $\delta = 0,18 - 0,22$.

«Потери мощности на буксование:

$$N_{\delta} = P_K \cdot v_{\delta}, \quad (9)$$

где $P_K = P_{Conn} + P'_f$ – касательная сила тяги, развиваемая в контакте ведущего колеса с грунтом;

P'_f – сила сопротивления перекачиванию ведущих колес автогрейдера;

f – коэффициент сопротивления перекачиванию в естественных условиях, $f=0,08-0,10$;

V_{δ} – скорость буксования» [19].

После соответствующих преобразований получим окончательное выражение для мощности буксования:

$$N_{\delta} = (\theta_{Conn} + f) \cdot \frac{\delta}{1 - \delta} \cdot \psi \cdot \frac{G \cdot v_{\phi}}{270} \quad (10)$$

$$N_{\delta} = (0,55 + 0,1) \cdot \frac{0,2}{1 - 0,2} \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 12,85 = 16,1 \text{ кВт.}$$

Потери мощности на перекачивание:

$$N_f = \frac{G \cdot f \cdot v_\phi}{270}, \quad (11)$$

$$N_f = 12,85 \cdot 1 \cdot 1,25 = 15,3 \text{ кВт},$$

$$N_E = 30 + 16,1 + 6,2 = 52,3 \text{ кВт}.$$

Потребную мощность двигателя определяют из выражения:

$$N_o = \frac{N_\Sigma}{\zeta \cdot \eta_{mp}} \quad (12)$$

где η_{mp} – коэффициент полезного действия трансмиссии, для механической трансмиссии принимается равным в диапазоне от 0,83 до 0,86; для гидромеханической трансмиссии с непрозрачным гидротрансформатором принимается равным в диапазоне от 0,73 до 0,78;

ζ – коэффициент уменьшения мощности двигателя из-за неустановившейся нагрузки, для механической трансмиссии принимается равным в диапазоне от 0,88 до 0,9; для гидромеханической трансмиссии с непрозрачным гидротрансформатором принимается равным 1.

$$N_o = \frac{52,3}{0,73 \cdot 1,0} = 71 \text{ кВт}.$$

«Мощность двигателя, определенную по формуле необходимо проверить на транспортном режиме:

$$N'_o = \frac{G \cdot f_{mp} \cdot v_{\max}}{75}, \quad (13)$$

где v_{\max} – заданная максимальная транспортная скорость автогрейдера, принимается равным 30 км/ч;

f_{mp} – коэффициент сопротивления перекачиванию по твердому основанию, принимается равным в диапазоне от 0,042 до 0,046» [19].

$$N'_o = \frac{12,85 \cdot 0,046 \cdot 40}{3600} = 25,6 \text{ кВт.}$$

Из двух мощностей N_o и N'_o выбирают наибольшую. Если максимальная транспортная скорость не задается, то пользуясь формулой и приняв $N'_o = N_o$, ее можно определить из выражения:

$$v_{\max} = \frac{270 \cdot N_o \cdot \eta_{mp}}{G \cdot f_{mp}} \quad (14)$$
$$v_{\max} = \frac{71 \cdot 0,73}{12,85 \cdot 0,046} = 87 \text{ м/с.}$$

Таким образом, полная мощность двигателя в транспортном режиме использоваться не может. Расчет показывает, что использование трактора Т-150К обеспечивает зацепные параметры прицепного грейдера.

2.3 Расчёт основных характеристик грейдера прицепного

Установление радиуса отвала.

Основным рабочим органом автогрейдера является отвал, размеры которого должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить выполнение требуемых работ.

Для определения основных параметров автогрейдера можно воспользоваться номограммой, изображенной на рисунке 13.

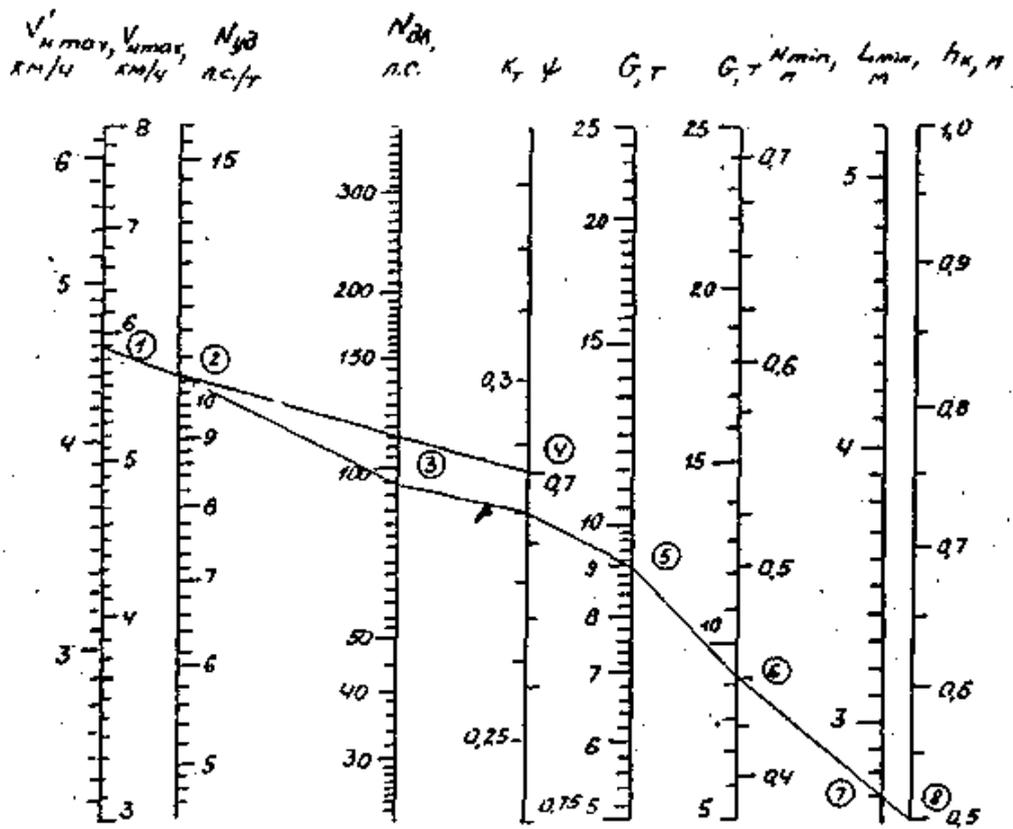


Рисунок 13 – Номограмма для расчета автогрейдера

На рисунке 13 приняты следующие обозначения:

$v_{H \max}$ – наибольшая (расчетная) основная рабочая скорость, км/час;

H_{\min} ; L_{\min} – минимальные высота и длина отвала, м;

G – масса конструктивная, т;

h_k – глубина кювета, м;

v'_H – пониженная рабочая скорость, км/час;

N_{y0} – удельный показатель мощности, л.с./т;

ψ – коэффициент распределения нагрузки по осям автогрейдера.

При построении номограммы для определения соотношения между основными параметрами использованы эмпирические зависимости, предложенные кандидатом технических наук Крившиным А.П. и Меркуловичем В.А.:

$$\begin{aligned}
 N_{y\partial} &= C \cdot v_{H \max}, \\
 H_{\min} &= 0,0168 \cdot G + 0,298, \\
 L_{\min} &= 4,35 \cdot h_k + 0,202 \cdot G + 0,367, \\
 v'_H &\leq 0,77 \cdot v_{H \max}.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Рассмотрим определение соотношения между параметрами автогрейдера массой $G=9$ т с мощностью $N_{\partial\partial}=90$ л.с. Соединим значение G (точка 5) с $N_{\partial\partial}$ (точка 3) и на продолжении в точке 2 найдем значение $N_{y\partial}$. Задавшись значением ψ (точка 4) и соединив его с $N_{y\partial}$, на продолжении в точке 1 найдем $v_{H \max}=5,8$ км/час и $v'_{H \max}=4,55$ км/час.

Для прицепного автогрейдера обычно принимают $\psi_{opt}=0,7$. Перенесем значение G из точки 5 в точку 6 на совмещенной шкале и найдем $H_{\min}=0,45$ м. Соединив G (точка 6) со значением (точка 8), получим в точке 7 $L_{\min}=2,75$ м.

При выборе окончательных значений параметров учитывают ограничения ГОСТ 9220-69:

$v'_H \leq 4$ км/ч; $H \geq 0,5$ м и $L \geq 2,9$ м, а также возможность обеспечения максимальных L и H .

Как показали исследования доктора технических наук Недорезова И.П., форма профиля отвала автогрейдера оказывает существенное влияние на энергоемкость процесса копания.

Меньшей энергоемкостью обладает отвал, профиль которого выполнен по дуге постоянного радиуса.

Величина радиуса зависит от угла резания γ , высоты отвала H и угла отваливания β (рисунок 14).

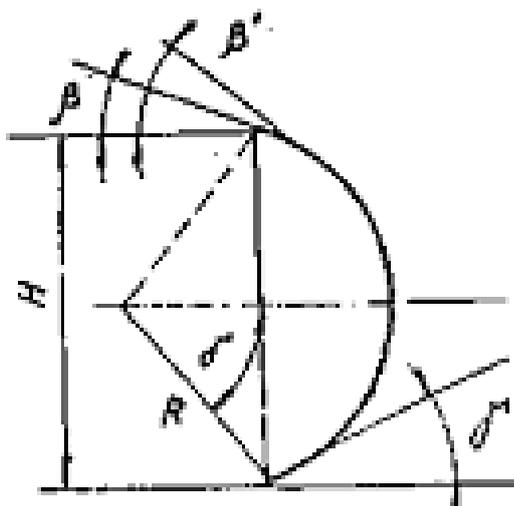


Рисунок 14 – Схематизация отвала грейдера

Приблизительно радиус определяют по формуле:

$$R = \frac{H}{2 \sin \gamma}, \quad (16)$$

$$R = \frac{0,5}{2 \sin 35^\circ} = 0,410 \text{ м.}$$

Следует отметить, что в этом случае угол отваливания $\beta = 45^\circ$.

По исследованиям кандидата технических наук Яркина А.А. рациональным углом отваливания следует считать $\beta' = 65^\circ - 70^\circ$.

Для получения такого угла отваливания можно рекомендовать некоторое увеличение радиуса кривизны в самой верхней части отвала.

Определение колеи, базы и ходового оборудования

Колея и база автогрейдера должны обеспечить свободное перемещение отвала. С другой стороны всякое чрезмерное увеличение колеи и базы приводит к увеличению ее конструкции.

Центр поворотного круга при его горизонтальном положении находится обычно посередине между передним и средним мостами.

Колесо прицепного грейдера принимаем равной колесу тягача-трактора Т-150К, то есть 1860 мм

«База автогрейдера:

$$B = \frac{D}{2} + L_1 + \Delta_2, \quad (17)$$

где $\Delta_2 \approx \Delta_1$ – минимальный зазор между колесами среднего и заднего мостов, принимается равным 50 мм;

D – диаметр шины» [19].

$$B = 1,160 + 3,7 + 2 \cdot 0,05 = 4,96 \approx 5 \text{ м.}$$

Ходовое оборудование автогрейдера должно обеспечивать создание устойчивого тягового усилия, иметь небольшое сопротивление перекачиванию и хорошо приспосабливаться к неровностям местности.

Пневматические шины низкого давления или шины с регулируемым давлением достаточно полно удовлетворяют поставленным требованиям.

Рисунок и высота протектора таких шин не оказывают существенного влияния на их тягово-сцепные свойства. Шины выбираются по нагрузкам, приходящимся на колеса.

Нагрузка на одно колесо переднего моста:

$$G_1 = \frac{(1 - \psi) \cdot G}{2}, \quad (18)$$
$$G_1 = \frac{(1 - 0,75) \cdot 90}{2} = 22,5 \text{ кН.}$$

Нагрузка на одно колесо среднего и заднего мостов:

$$G_2 = \frac{\psi \cdot G}{4}, \quad (19)$$

$$G_2 = \frac{0,75 \cdot 90}{4} = 16,8 \text{ кН.}$$

Некоторые рекомендуемые модели шин приведены в таблице 3.

На основании этих данных выбираем шины модели И-156 с размерами 16,0×20.

Таблица 3 – Основные размеры призматических шин

Модель	Размеры	D , мм	d , мм	G , кг	P_{\max} , кг/см ²
И-172	14,00x20	1250	375	2500	3,5
И-156	16,00x20	1360	435	2350	1,75
И-179	12,00x18	1088	331	1600	3,0
И-178	12,0x20	1140	328	1650	2,75
И-169	16,00x24	1460	438	3000	2,0
И-140	16,00x24	1480	438	4000	2,5

Расчёт сопротивлений при работе автогрейдера.

Для определения сопротивлений, возникающих в рабочем режиме при резании и перемещении грунта автогрейдером определенного типа должны быть известны: род грунта и его характеристика; размеры отвала и углы его установки; вес автогрейдера.

При установившемся движении в этом режиме преодолеваются следующие сопротивления.

«Сопротивление грунта резанию ножом:

$$W_p = K \cdot F, \quad (20)$$

где K – удельное сопротивление грунта резанию, принимается рваным 200 кН/м²;

F – площадь поперечного сечения вырезаемой стружки грунта» [19].

$$W_p = 200 \cdot 0,8 = 16 \text{ т} = 16 \text{ кН.}$$

«Сопrotивление поступательному перемещению перед отвалом призмы волочения грунта

$$W_n = Q_{cp} \cdot f \cdot \sin \alpha, \quad (21)$$

где Q_{cp} – вес призмы грунта перед отвалом» [1].

$$Q_{cp} = v \cdot \lambda \quad (22)$$

$$Q_{cp} = 0,156 \cdot 1,6 = 0,24 \text{ т} = 2,4 \text{ кН.}$$

$$W_n = 2400 \cdot 9,8 \cdot 0,3 \cdot \sin 45^\circ = 4980 \text{ Н} \approx 5000 \text{ Н.}$$

«Объем призмы перед отвалом с учетом, что часть длины ножа погружена в грунт для резания, имеем:

$$v = \frac{(H - h_{cp})^2 \cdot l \cdot K_3}{2 \cdot \operatorname{tg} \phi}, \quad (23)$$

где h_{cp} – средняя глубина резания;

f – коэффициент внутреннего трения грунта;

ϕ – угол естественного откоса грунта, принимается равным 45° » [19].

$$v = \frac{(0,5 - 0,1)^2 \cdot 2,8 \cdot 0,8}{2 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ} = 0,156 \text{ м}^3.$$

«Сопrotивление трения призмы волочения при ее перемещении вдоль отвала:

$$W_c = Q_{cp} \cdot f \cdot f_1 \cdot \cos \alpha, \quad (24)$$

где f_1 – коэффициент трения грунта об отвал» [19].

$$W_c = 2400 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot \cos 45^\circ = 1480 \text{ Н.}$$

«Соппротивление грунта при движении его вверх по отвалу:

$$W_g = Q_{cp} \cdot \cos^2 \alpha \cdot f_1 \cdot \sin \alpha, \quad (25)$$

где α – угол резания ножа» [19].

$$W_g = 2400 \cdot \cos^2 45^\circ \cdot 9,8 \cdot 0,1 = 2400 \cdot 9,8 \cdot 0,7^2 \cdot 0,1 = 11550 \text{ Н.}$$

«Соппротивление перекачиванию колес:

$$W_k = G \cdot \cos \beta \cdot [(1-a) \cdot \mu + a \cdot f_1], \quad (26)$$

где G – вес автогрейдера;

β – угол подъема участка работы в направлении движения; $\beta = 30^\circ$

a – коэффициент, учитывающий часть силы тяжести, воспринимаемой отвалом; величина « a » может изменяться в пределах 0–0,5;

μ – коэффициент сопротивления качению колес» [19].

$$W_k = 90 \cdot \cos 30^\circ \cdot [(1-0,05) \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 0,1] = 2340 \text{ Н.}$$

Соппротивление от преодоления подъема:

$$W_y = G \cdot \sin \beta, \quad (27)$$

$$W_y = 90 \cdot \sin 30^\circ = 45 \text{ кН.}$$

Таким образом, общее сопротивление при установившемся рабочем режиме будет:

$$W_{раб} = W_p + W_n + W_c + W_g + W_k + W_y, \quad (28)$$

$$W_{раб} = 16 + 5 + 2,4 + 1,48 + 11,550 + 2,3 = 38,9 \text{ кН.}$$

При движении грейдера с ускорением, что имеет место при переключении движения на более высокую скорость, а также при трогании с места с загруженным ножом, появляется сопротивление от сил инерции:

$$W_u = \frac{E \cdot G + Q_{cp}}{g} \cdot \frac{dv}{dt}, \quad (29)$$

где E – коэффициент учета вращающихся масс.

$$E = \frac{\frac{G}{g} + I_m \cdot \frac{i^2}{r_c^2} \cdot \eta_m + \sum I_k \cdot \frac{1}{r_c^2}}{\frac{G}{g}}, \quad (30)$$

где G – вес автогрейдера;

I_m – момент инерции маховика двигателя;

i – общее передаточное число трансмиссии;

η_m – КПД трансмиссии;

$\sum I_k$ – суммарный момент инерции колес автогрейдера;

r_c – силовой радиус колес;

$\frac{dv}{dt}$ – ускорение автогрейдера.

Поскольку расчет инерционных сил сложен, принимаем увеличение общего сопротивления движению за счет сил инерции на 10%

С учетом сил инерции общее сопротивление движению будет

$$W_{раб}^{un} = W_p + W_n + W_c + W_g + W_k + W_y + W_u, \quad (31)$$

$$W_{\text{раб}}^{\text{ин}} = 1,1 \cdot 38,9 = 4279 \text{ кН.}$$

При транспортном режиме будут иметь место сопротивления W_k , W_y и W_u .

При этом:

$$W_k = G \cdot \cos \beta \cdot \mu, \quad (32)$$

$$W_k = 90 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,05 = 90 \cdot 0,86 \cdot 0,05 = 3,9 \text{ кН.}$$

Величина μ принимается равной 0,03-0,05. Сопротивление от сил инерции для этого режима

$$W_u = \frac{\Sigma G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (33)$$

Сопротивление воздуха, при движении автогрейдера на транспортных скоростях составляет значительную величину. Это сопротивление определяется по формуле:

$$W_{\text{воз}} = \frac{K \cdot F \cdot v^2}{3,6}, \quad (34)$$

где K – коэффициент сопротивления, принимается равным 0,06;

F – лобовая площадь сопротивления, м^2 ;

V – скорость движения, км/ч .

$$W_{\text{воз}} = \frac{0,06 \cdot 4,7 \cdot 40^2}{3,6} = 12,5 \text{ кН.}$$

Таким образом, при установившемся движении на транспортном режиме общее сопротивление будет:

$$W = W_k + W_y + W_u + W_{воз}, \quad (35)$$

$$W = 3,9 + 4,5 + 12,5 + 3,9 = 24,8 \text{ кН.}$$

Общее сопротивление при рабочем режиме с учетом сил инерции должно отвечать условию:

$$P_k \geq W_{раб}^{ин} \leq \phi \cdot Q_{сц}, \quad (36)$$

где $Q_{сц}$ – сцепной вес;

ϕ – коэффициент сцепления.

$$P_k \geq W_{раб}^{ин} \leq \phi \cdot Q_{сц}.$$

Таким образом, применение в качестве тягача трактора Т-150К обеспечивает нормальную работу прицепного грейдера.

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт трактора Т-150К, используемого для работы прицепного грейдера.

3 Конструкторская часть

3.1 Расчет подъёмного механизма отвала

Расчет механизма подъема отвала включает: а) определение подъемного усилия S_n , по которому затем производится подсчет потребляемой для подъема отвала мощности; б) определение максимальной нагрузки для последующего расчета механизма подъема отвала на прочность.

При определении подъемного усилия S_n , в качестве расчетного принимают положение, при котором производится подъем заглубленного одним концом отвала, расположенного перпендикулярно продольной оси автогрейдера. На отвал действуют вертикальная составляющая, реакции грунта P_z , препятствующая его подъему, и горизонтальная составляющая P_x , величины которых соответствуют найденным при расчете тяговой рамы.

Величина силы S_n , составит (рисунок 15):

$$S_n = \frac{G_{mp}l_1 + p_z \cdot l_2 - p_x \cdot h}{l_3}, \quad (37)$$

где G_{mp} – вес тяговой рамы, поворотного круга и отвала с грунтом, сосредоточенный в центре тяжести системы.

Обычно скорость вертикального перемещения отвала лежит в пределах 0,15-0,18 м/сек. Если скорость превышает 0,2 м/сек (при наличии автоматических устройств); при расчете подъемного усилия должны быть дополнительно учтены инерционные силы, возникающие в момент подъема отвала. Учет этих сил производится с помощью коэффициента динамичности K_d .

Расчет деталей механизма подъема отвала на прочность производится на максимальную нагрузку, которая возникает в положении упора ножа в грунт при его заглублении (рисунок 15).

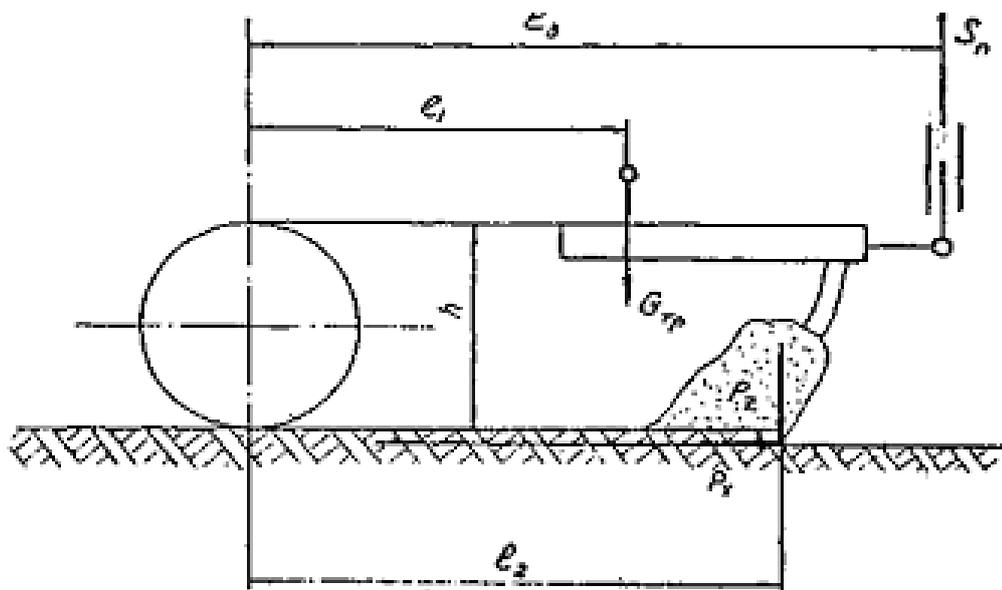


Рисунок 15 – Схема для отделения подъемного усилия в механизме подъема отвала

Усилие заглупления рассчитывается исходя из максимального значения величины условной вертикальной реакции P_z на конце ножа в точке 0, при котором сохраняется равновесие автогрейдера.

При углах захвата, близких к 90^0 , происходит отрыв от грунта колес передней оси и автогрейдер стремится опрокинуться вокруг оси O_2O_2 , являющейся осью балансира. При этом вертикальная реакция на нож

$$P_z = G \cdot \frac{l_0}{l_1}. \quad (38)$$

При углах захвата, меньших 90^0 , приподнимается одно из передних колес и опрокидывание автогрейдера происходит вокруг осей O_1O_1 или $O'_1O'_1$. При этом

$$P_z = \frac{G \cdot e_0}{e_1}. \quad (39)$$

Величина реакции в шарнире (пренебрегая весом тяговой рамы):

$$S_n = P_z \cdot \frac{l_2}{l_3}. \quad (40)$$

Принятое допущение идет в запас прочности, здесь плечо l_2 следует взять соответствующим крайнему смещению отвала относительно поворотного круга, а величину P_z максимальной.

Проверке на прочность подлежат прежде всего штоки гидроцилиндров или телескопические тяги. Они проверяются на сжатие с учетом продольного изгиба:

$$\sigma_{сж} = \frac{S_n}{F \cdot K}, \quad (41)$$

где F – площадь сечения штока или тяги;

K – коэффициент уменьшения основного напряжения в зависимости от гибкости стержней.

Проверке на прочность подвергаются также шарниры подвески, кронштейны и другие детали, нагружаемые при действии механизма подъема отвала.

3.2 Расчет поворотного механизма отвала

Расчет поворотного механизма включает:

а) определение момента сопротивления повороту M_C , по которому затем подсчитывается мощность, необходимая для привода механизма поворота;

б) определение усилий в деталях механизма поворота для расчета их на прочность. При определении M_C в качестве расчетного берется положение, при котором автогрейдер стоит на максимальном поперечном уклоне и с отвалом, максимально смещенным относительно центра поворотного круга (рисунок 15).

Поворот отвала для изменения угла захвата осуществляется только при выглубленном из грунта ножа.

Полный момент сопротивления повороту отвала в период пуска M_C складывается из момента сопротивления повороту от сил трения в опорах M_T , момента сопротивления повороту от составляющей силы тяжести вращающихся частей M_G и момента сопротивления повороту от сил инерции M_I :

$$\begin{aligned}M_c &= M_T + M_G + M_u, \\M_T &= F \cdot r, \\M_G &= G_n \cdot R \cdot \sin \lambda_{\max}, \\M_u &= I_n \cdot \frac{\omega}{t},\end{aligned}\tag{42}$$

где F – сила трения;

$$F = G_n \cdot f_0,\tag{43}$$

где G_n – суммарная сила тяжести поворачиваемых частей;

f_0 – коэффициент трения стали о сталь; $f_0=0,15$;

r – радиус приложения силы трения;

R – радиус расположения центра тяжести частей, вращающихся вокруг оси поворотного круга 0;

λ_{\max} – угол поперечного наклона автогрейдера;

I_n – момент инерции вращающихся частей;

ω – окружная скорость поворота, принимается равной 0,4-0,6 рад/с;

t – время разгона, принимается равным 0,5 с.

$$F = 17 \cdot 0,15 = 2,55 \text{ кН},$$

$$M_T = 2,55 \cdot 0,5 = 1,275 \text{ кН}.$$

Для предварительного расчета принимаем $M_I=0$.

Тогда $M_c = 1,275 + 1,275 = 2,55$ кН·м.

Величина крутящего момента двигателя, необходимая для преодоления сопротивлений при работе механизма поворота отвала:

$$M_{нов} = \frac{M_c}{i_n \cdot \eta_n}, \quad (44)$$

где i_n и η_n – передаточное число и КПД передач от двигателя до оси поворотного круга.

$$M_{нов} = \frac{2,55}{100 \cdot 0,70} = 0,03 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При подсчете по этому моменту мощности двигателя $N_{нов}$, необходимой для привода механизма поворота, следует еще учитывать сопротивления, возникающие при обкате поворотной шестерни по зубчатому венцу поворотного круга. Счет этих потерь осуществляется с помощью коэффициента запаса K_3 , принимаемого равным 1,25.

$$N_{нов} = K_3 \cdot M_{нов} \cdot n, \quad (45)$$

где n – число оборотов коленчатого вала гидродвигателя.

$$N_{нов} = \frac{1,25 \cdot 0,03 \cdot 10^3 \cdot 2500}{60 \cdot 6,28} = 4 \text{ кВт}.$$

Расчет деталей механизма поворота отвала на прочность производится для расчетного положения, при котором отвал максимально вынесен в сторону и установлен перпендикулярно продольной оси автогрейдера, а к его концу приложена максимально возможная реакция грунта P_K .

3.3 Прочностной расчет отвала

«Расчет отвала можно производить, рассматривая случай нагружения его максимальной реакцией грунта P_x , приложенной на конце отвала, находящегося в положении наибольшего выноса в сторону относительно кронштейнов.

При этом считают, что сила P_x действует по оси симметрии отвала, изгибая его в горизонтальной плоскости, и пренебрегают напряжениями, возникающими в нем от кручения. Таким образом, расчет отвала сводится к расчету его на изгиб как консоли» [18].

«Изгибающий момент в опасном сечении 1-1 будет:

$$M_u = P_x \cdot l_0, \quad (46)$$

где l_0 – длина консольного конца отвала при его максимальном боковом смещении относительно кронштейнов» [16].

$$M_u = 3,6 \cdot 0,9 = 30,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

«Под действием силы P_x в волокнах части сечения, расположенной справа от нейтральной линии 00, возникнут напряжения растяжения, а в волокнах левой части сечения – напряжения сжатия.

Для определения моментов сопротивления зоны растяжения сечения W_p и зоны сжатия $W_{сж}$ необходимо определить расположение нейтральной линии 00 сечения» [18].

«Это расположение определяется расстояниями «а» и «в» от нейтральной линии до крайних точек сечения:

$$a = R_0 \cdot \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} - \cos \alpha \right), \quad (47)$$

$$e = R_0 \cdot \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right),$$

где R_0 – средний радиус кривизны сечения отвала;

α – центральный угол дуги отвала, рад» [18].

$$a = 0,4 \cdot \left(\frac{\sin 30^\circ}{30} - \cos 30^\circ \right) = 0,34 \text{ м},$$

$$e = 0,4 \cdot \left(1 - \frac{\sin 30^\circ}{30} \right) = 0,4 \text{ м}.$$

«Момент инерции сечения 1-1

$$I = \frac{R_0^2 \cdot \delta}{64} \cdot \left(\alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha}{\alpha} \right), \quad (48)$$

где δ – толщина отвала» [18].

$$I = \frac{40^2 \cdot 1,6}{64} \cdot \left(30 + \sin 30^\circ \cdot \cos 30^\circ - \frac{2 \cdot \sin^2 30^\circ}{30} \right) = 1200 \text{ см}^4.$$

Тогда моменты сопротивления зон растяжения и сжатия сечения определяются по выражениям:

$$W_p = \frac{I}{a}, \quad (49)$$

$$W_p = \frac{1200}{34} = 35,3 \text{ см}^3.$$

$$W_{сж} = \frac{I}{B}, \quad (50)$$

$$W_{сж} = \frac{1200}{40} = 30 \text{ см}^3.$$

а нормальные напряжения в волокнах будут:

– в растянутых:

$$\sigma_p = \frac{M_u}{W_p}, \quad (51)$$

$$\sigma_p = \frac{30,2 \cdot 10^3}{35,3} = 849,8 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

– в сжатых:

$$\sigma_{сж} = \frac{M_u}{W_{сж}}, \quad (52)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{30,2 \cdot 10^3}{40} = 750 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Полученные напряжения необходимо сравниваем с допускаемыми и убеждаемся, что они не превышают последних.

3.4 Конструкция грейдера прицепного

Прицепной грейдер предназначен для буксирования колесным трактором Т-150К. Общий вид грейдера, агрегатированного с трактором, показан на рисунке (16).

Собственно грейдер представляет собой прицепную конструкцию основой которой является сварная рама. Прицепной грейдер соединяется с трактором с помощью дышла, расположенного между передним мостом грейдера и трактором.

Основным рабочим органом прицепного грейдера служит отвал, который можно устанавливать в разные положения. Кроме того, для выполнения различных на отвал можно установить удлинитель отвала, откосник и планировщик откосов. Спецификация на прицепной грейдер, гидроцилиндр представлена в Приложении А (рисунки А.1, А.2., А.3, А.4, А.5).

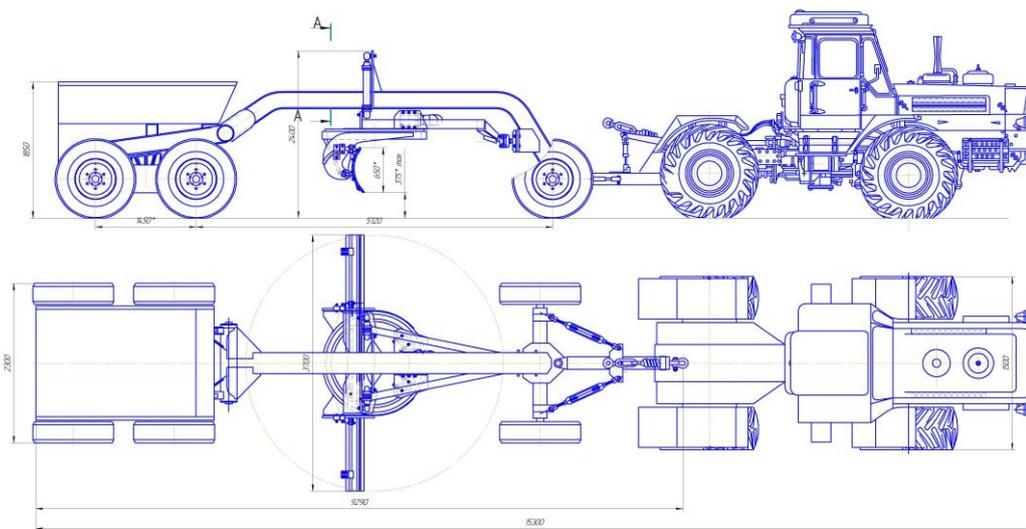


Рисунок 16 – Общий вид прицепного грейдера

Грейдер состоит из рамы, рабочих органов, ходовой части и механизмов управления.

Основным рабочим органом прицепного и грейдера служит отвал, который можно устанавливать в разные положения. Кроме того, грейдер для выполнения различных работ оборудуют удлинителем отвала, откосником и планировщиком откосов.

Схема состоит из механизмов управления отвалом, включающих приводы:

- а) подъема и опускания отвала, позволяющие поднимать или опускать одновременно оба конца отвала или только один конец, благодаря чему можно установить различный угол наклона отвала в вертикальной плоскости;
- б) выноса отвала;
- в) поворота отвала.

Основная рама грейдера (рисунок 17) выполнена из двух продольных гнутых швеллеров, связанных между собой поперечными балками. С передним мостом рама соединена шаровым шкворнем, обеспечивающим свободу их взаимных перемещений; с задним мостом, выполненным в виде балансирной тележки она соединена жестко. Спецификация на раму и отвал грейдера представлены в Приложении А (рисунки А.6, А.7, А.8).

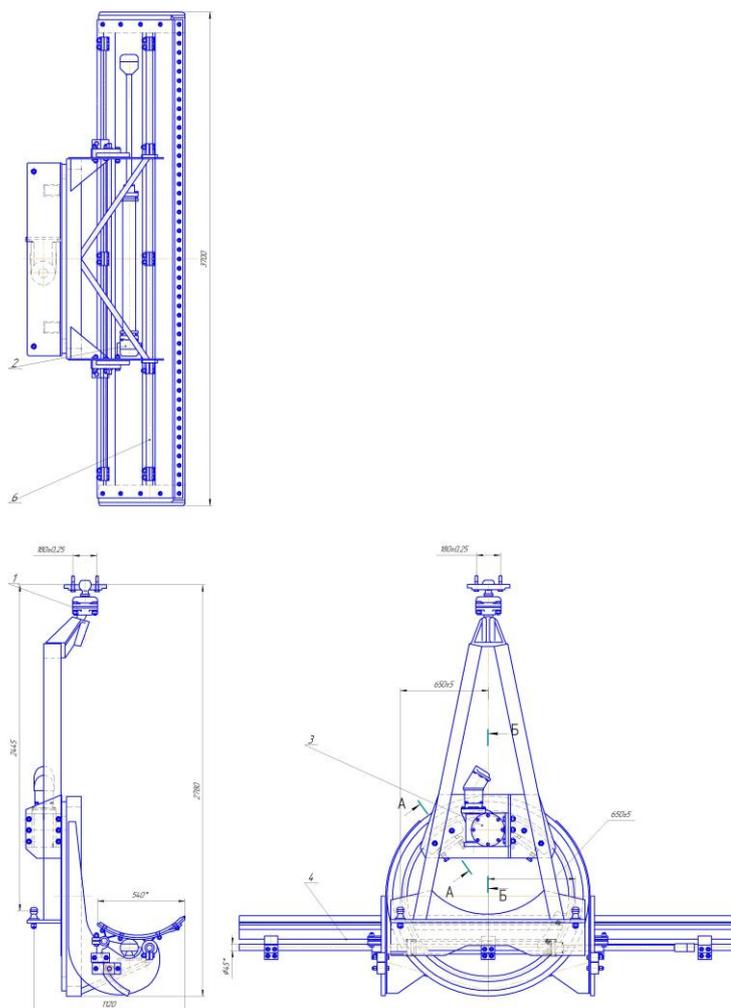
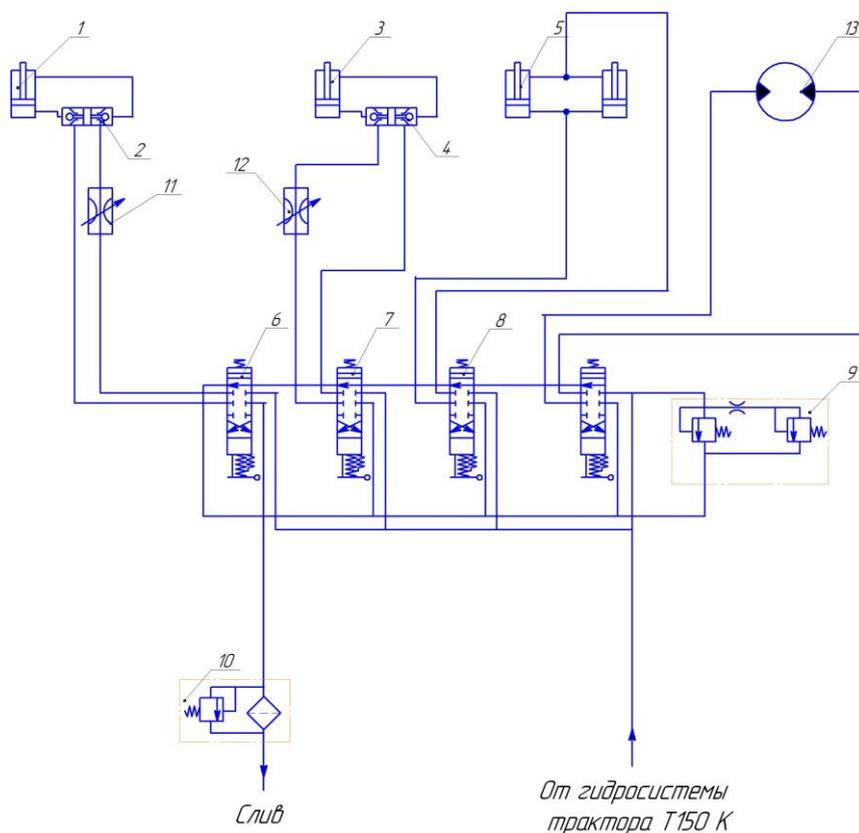


Рисунок 17 – Конструкция тяговой рамы

«Рабочий орган и механизм поворота отвала состоит из тяговой рамы отвала с ножами, поворотного круга. Отвал с ножами крепят к поворотному кругу проушинами, гребенками и пальцами. Поворотный круг соединен с рамой прихватами на которых с помощью редуктора и открытой зубчатой передачи он поворачивается относительно тяговой рамы.

Передняя часть тяговой рамы соединена шарнирным звеном с основной рамой грейдера, задняя – подвешена к кривошипам механизма подъема и опускания отвала двумя телескопическими тягами, устанавливаемыми на основной раме. Защелка б фиксирует отвал на нужном угле захвата. Данная конструкция рабочего органа позволяет поворачивать отвал относительно тяговой рамы на угол 2π (полноповоротный отвал)» [16].

Приводы всех механизмов прицепного грейдера – гидравлические. Питание приводов осуществляется от гидравлической системы трактора Т-150К. Гидравлическая схема приводов прицепного грейдера приведена на рисунке 18.



- 1 – гидроцилиндр прицепного устройства; 2 – гидрозамок; 3– гидроцилиндр поперечного перекоса отвала; 4– гидрозамок; 5 – гидроцилиндр подъема отвала;
 6 – гидрораспределитель управления гидроцилиндром прицепного устройства;
 7 – гидрораспределитель управления гидроцилиндром перекоса отвала;
 8 – гидрораспределитель управления гидроцилиндром подъема отвала; 9 – клапан предохранительный Г54-12; 10 – Фильтр с предохранительным клапаном Г52-124;
 11 – дроссель регулируемый Г64-02; 12 – гидромотор НПА-64

Рисунок 18 – Гидравлическая схема приводов прицепного грейдера

Для выполнения всего комплекса работ по строительству дорог необходимо обеспечить возможность установки оптимального угла резания и смещение отвала влево или вправо относительно оси грейдера. Учитывая, что прицепной грейдер используется для строительства упрощенных дорог предусмотрена ручная установка угла резания и вылета отвала. Установка угла резания производится путем вращения с помощью съемной рукоятки шестерни, которая зацепляется с зубчатым сектором, жестко соединенном с отвалом.

Изменение вылета отвала относительно оси осуществляется путем перемещения отвала по специальным направляющим. Фиксация отвала в нужном положении осуществляется за счет клеммовых зажимов.

Изменение угла резания и смещение отвала производится при нерабочем положении отвала.

Рукоятки управления приводами расположены в кабине трактора. Гидросхема, приведенная на рисунке 18 состоит из следующих элементов.

Предложенная конструкция прицепного грейдера относительно простая, что позволяет снизить стоимость всей машины и сделать ее доступной для мелких фермерских и коллективных хозяйств.

3.5 Проектная разработка одноступенчатого червячного редуктора привода поворотного механизма отвала

Описание кинематической схемы приводного механизма поворота отвала

Привод поворота отвала прицепного грейдера выполнен по двухступенчатой схеме с использованием гидравлического двигателя. Первой ступенью привода является червячный редуктор, а второй открытая прямозубая передача.

Принимаем передаточное отношение открытой зубчатой передачи исходя из конструктивных размеров поворотного круга.

$$i_{zn} = \frac{900}{225} = 4.$$

Выбираем гидродвигатель НМШ-32 для которого $N_{\partial\epsilon}$ принимается равным 5,5 кВт, $n_{\partial\epsilon}=570$ об/мин ($\omega_{\partial\epsilon}=75,5$ рад/с). Диаметр конца вала ротора $d_{\partial\epsilon}=32$ мм.

Передаточное отношение:

$$i = \frac{n_{\partial\epsilon}}{n_k} = \frac{\omega_{\partial\epsilon}}{\omega_l}, \quad (53)$$

$$i = \frac{570}{37} = 19,5.$$

Общее передаточное отношение привода поворота отвала:

$$i = 4 \cdot 19,5 = 78.$$

Частота вращения отвала:

$$n_{om} = \frac{570}{78} = 7,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Исходные данные для проектирования.

Спроектировать одноступенчатый червячный редуктор с для привода поворота отвала по следующим данным: мощность, необходимая для поворота отвала, $N=4$ кВт, частота вращения выходного вала редуктора $n_k=74$ об/мин ($\omega_k=7,75$ рад/с). Редуктор реверсивный, предназначен для длительной эксплуатации.

Определение мощности гидродвигателя.

Примем предварительно КПД червячного редуктора $\eta=0,8$.

Требуемая мощность гидродвигателя:

$$N_{mp} = \frac{N_{\kappa}}{\eta}, \quad (54)$$

$$N_{mp} = \frac{4}{0,8} = 5 \text{ кВт.}$$

Расчет редуктора.

«Число витков червяка z_1 принимаем в зависимости от передаточного отношения (передаточного числа): при $i=19,5$ принимаем $z_1=2$.

Число зубьев червячного колеса:

$$z_2 = i \cdot z_1, \quad (55)$$

$$z_2 = 19,5 \cdot 2 = 39.$$

«Выбираем материал червяка и венца червячного колеса. Принимаем для червяка сталь 45 с закалкой до твердости не менее HRC 45 и последующим шлифованием.

Так как к редуктору не предъявляются специальные требования, то в целях экономии принимаем для венца червячного колеса бронзу Бр.АЖ9-4Л (отливка в землю)» [18].

«Предварительно примем скорость скольжения в зацеплении $V_s \approx 5 \text{ м/с}$. Тогда при длительной работе допускаемое контактное напряжение $[\sigma]_H=155 \text{ Н}$. Допускаемое напряжение – изгиба для нереверсивной работы $[\sigma_0]_F=K_{FL}[\sigma_0]_F$ » [18].

В этой формуле $K_{FL} = 0,543$ при длительной работе, когда число циклов нагружения зуба $N_{\Sigma} > 25 \cdot 10^7$; $[\sigma_0]_F=98 \text{ Н/мм}^2$.

$$[\sigma_0]_F = 0,543 \cdot 98 = 53,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Принимаем предварительно коэффициент диаметра червяка q равное 10.

Вращающий момент на валу червячного колеса:

$$M_2 = \frac{N_2}{\omega_2} = \frac{N_k}{\omega_k}, \quad (56)$$

$$M_2 = \frac{4 \cdot 10^3}{7,55} = 517 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Принимаем предварительно коэффициент нагрузки K равное 1,2.

«Определяем межосевое расстояние из условия контактной прочности [формула (4.19)]:

$$a_{\omega} = \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{\frac{z_2}{q} [\sigma]_H} \right)^2 M_2 K }, \quad (57)$$

$$a_{\omega} = \left(\frac{39}{10} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{\frac{39}{10} \cdot 155} \right)^2 517 \cdot 10^3 \cdot 1,2 } = 4,9 \sqrt[3]{48,6 \cdot 10^3} = 179 \text{ мм}.$$

Модуль:

$$m = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{z_2 + q}, \quad (58)$$

$$m = \frac{2 \cdot 179}{39 + 10} = 7,35 \text{ мм}.$$

Принимаем по ГОСТ 2144-76 стандартные значения m равное 8 мм и q равное 10.

Межосевое расстояние при стандартных значениях m и q :

$$a_{\omega} = \frac{m \cdot (q + z_2)}{2}, \quad (59)$$
$$a_{\omega} = \frac{8(10 + 39)}{2} = 196 \text{ мм.}$$

Если бы требовалось спроектировать стандартный редуктор с параметрами по ГОСТ 2144-76, то следовало бы принять a_{ω} равное 200 мм и пересчитать m, q » [18].

«Передаточное число:

$$u = \frac{z_2}{z_1}, \quad (60)$$
$$u = \frac{39}{2} = 19,5.$$

Основные размеры червяка:

– делительный диаметр червяка:

$$d_1 = q \cdot m, \quad (61)$$
$$d_1 = 10 \cdot 8 = 80 \text{ мм.}$$

– диаметр вершин витков червяка:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m, \quad (62)$$
$$d_{a1} = 80 + 2 \cdot 8 = 96 \text{ мм.}$$

– диаметр впадин витков червяка:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m, \quad (63)$$

$$d_{f1} = 80 - 2,4 \cdot 8 = 60,8 \text{ мм.}$$

– длина нарезанной части шлифованного червяка:

$$b_1 \geq (11 + 0,06z_2) + 25, \quad (63)$$

$$b_1 = (11 + 0,06 \cdot 39) \cdot 8 + 25 = 131,5 \text{ мм.}$$

Принимаем b_1 равное 132 мм» [18].

Делительный угол подъема γ :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q}, \quad (64)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2}{10} = 0,2,$$

$$\gamma = 11^{\circ}18'36''.$$

Основные размеры венца червячного колеса:

– делительный диаметр червячного колеса:

$$d_2 = z_2 m, \quad (65)$$

$$d_2 = 39 \cdot 8 = 312 \text{ мм.}$$

– диаметр вершин зубьев червячного колеса:

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m, \quad (66)$$

$$d_{a2} = 312 + 2 \cdot 8 = 328 \text{ мм.}$$

– диаметр впадин зубьев червячного колеса:

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m, \quad (67)$$

$$d_{f2} = 312 - 2,4 \cdot 8 = 292,8 \text{ мм.}$$

– наибольший диаметр червячного колеса:

$$d_{aM_2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}, \quad (67)$$

$$d_{aM_2} = 328 + \frac{6 \cdot 8}{2 + 2} = 340 \text{ мм.}$$

– ширина венца червячного колеса

$$b_2 \leq 0,75d_{a1}, \quad (68)$$

$$b_2 = 0,75 \cdot 96 = 72 \text{ мм.}$$

Окружная скорость червяка:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60}, \quad (69)$$

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 1440}{60} = 6,05 \text{ м/с.}$$

Скорость скольжения:

$$v_s = \frac{v_1}{\cos \gamma}, \quad (70)$$

$$v_s = \frac{6,05}{\cos 11^\circ 18' 36''} = 6,15 \text{ м/с.}$$

при этой скорости $[\sigma]_H \approx 149 \text{ Н/мм}^2$.

«КПД редуктора с учетом потерь в опорах, потерь на разбрызгивание и перемешивание масла:

$$\eta = (0.95 \div 0.96) \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')}, \quad (71)$$
$$\eta = (0.95 \div 0.96) \frac{\operatorname{tg} 11^\circ 18' 36''}{\operatorname{tg}(11^\circ 18' 36'' + 1^\circ 43')} \approx 0.82.$$

Выбираем 7-ю степень точности передачи и нормальный гарантированный боковой зазор x . В этом случае коэффициент динамичности K_V равный 1,1» [18].

«Коэффициент неравномерности распределения нагрузки:

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta} \right)^3 (1 - x), \quad (72)$$

где x – коэффициент деформации червяка при $q=10$ и $z_1=2$ $\theta=86$.

Примем вспомогательный коэффициент $x=0,6$ (незначительные колебания нагрузки)» [18].

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{39}{86} \right)^3 \cdot (1 - 0,6) \approx 1,04.$$

Коэффициент нагрузки:

$$K = K_\beta K_V, \quad (73)$$

$$K = 1,04 \cdot 1,1 \approx 1,14.$$

Проверяем контактное напряжение:

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\frac{M_2 K \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3}{a_\omega^3}}, \quad (74)$$

$$\sigma_H = \frac{170}{3,9} \sqrt{\frac{517 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 4,9^3}{196^3}} \approx 132 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma]_H = 149 \text{ Н/мм}^2.$$

Результат расчета следует признать удовлетворительным, так как расчетное напряжение ниже допускаемого на 11,4% (разрешается до 15%).

Проверка прочности зубьев червячного колеса на изгиб.

Эквивалентное число зубьев:

$$z_v = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma}, \quad (75)$$

$$z_v = \frac{39}{(\cos 11^\circ 18' 36'')^3} = 41,3.$$

Коэффициент формы зуба Y_F принимается равным 2,25.

Напряжение изгиба:

$$\sigma_F = \frac{1,2 \cdot M_2 K Y_F}{z_2 b_2 m^2}, \quad (76)$$

$$\sigma_F = \frac{1,2 \cdot 517 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 2,25}{39 \cdot 72 \cdot 8^2} = 8,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Выполним предварительный расчет и конструирование валов редуктора.

Крутящие моменты в поперечных сечениях валов:

– ведомого (вал червячного колеса):

$$M_{K2} = M_1, \quad (77)$$

$$M_{K2} = M_1 = 517 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

– ведущего (червяк):

$$M_{K1} = M_1 = \frac{M_2}{i\eta}, \quad (78)$$

$$M_{K1} = \frac{517 \cdot 10^3}{19,5 \cdot 0,82} = 32,3 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Витки червяка выполнены заодно с валом (рисунок 19).

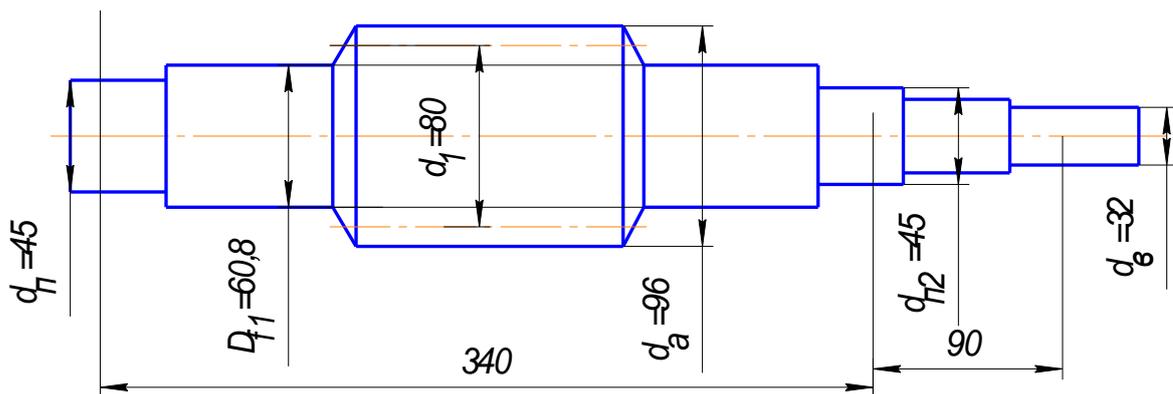


Рисунок 19– Червяк

Диаметр выходного конца вала по расчету на кручение при $[\tau]_K$ 25 Н/мм².

$$d_{B1} > \sqrt[3]{\frac{M_{K1}}{0,2[\tau]_K}}, \quad (79)$$

$$d_{B1} > \sqrt[3]{\frac{32,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 18,7 \text{ мм}.$$

Но для соединения его с валом электродвигателя примем $d_{B1} = d_{ДВ} = 32$ мм; диаметры подшипниковых шеек $d_{II1} = 45$ мм. Параметры нарезанной части; $d_{ф1} = 60,8$ мм; $d_1 = 80$ мм и $d_{a1} = 96$ мм. Расстояние между опорами червяка l примем равным 340 мм.

Ведомый вал.

Диаметр выходного конца

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{M_{K2}}{0,2[\tau]_K}}, \quad (80)$$

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{517 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 46,7 \text{ мм.}$$

Принимаем d_{B2} равным 48 мм.

Диаметры подшипниковых шеек d_{II2} равен 55 мм, диаметр вала в месте посадки червячного колеса d_{K2} равен 60 мм. Диаметр ступицы червячного колеса:

$$d_{cm2} = (1,6 \div 1,8) d_{K2}, \quad (81)$$

$$d_{cm2} = (1,6 \div 1,8) 60 = (96 \div 108) \text{ мм.}$$

Принимаем d_{CT2} равным 100 мм.

Длина ступицы червячного колеса:

$$l_{CT2} = (1,2 \div 1,8) d_{K2}, \quad (82)$$

$$l_{CT2} = (1,2 \div 1,8) \cdot 60 = (72 \div 108) \text{ мм.}$$

Принимаем l_{CT2} равное 90 мм.

Выполним уточненный расчет валов.

Червячный вал проверять на прочность не следует, так как размеры его поперечных сечений, принятые при конструировании после расчета геометрических характеристик (d_l 80 мм, d_{al} 96 мм и d_{fl} 60,8 мм), значительно превосходят те, которые могли быть получены расчетом на кручение. Напомним, что диаметр выходного конца получился при расчете на кручение 18,7 мм, а мы по соображениям конструирования приняли его d_{Bl} 32 мм.

Проверим стрелу прогиба червяка (расчет на жесткость).

Приведенный момент инерции поперечного сечения червяка

$$J_{np} = \frac{\pi d_{f1}^4}{64} \left(0,375 + 0,625 \frac{d_{a1}}{d_{f1}} \right), \quad (83)$$

$$J_{np} = \frac{\pi \cdot 60,8^4}{64} \left(0,375 + 0,625 \frac{96}{60,8} \right) = 92 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

Стрела прогиба:

$$f = \frac{l_1^3 \sqrt{P_1^2 + P_{r1}^2}}{48 E J_{np}}, \quad (84)$$

$$f = \frac{340^3 \sqrt{810^2 + 1200^2}}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 92 \cdot 10^4} = 0,0062 \text{ мм}.$$

Допускаемый прогиб:

$$[f] = (0,005 \div 0,01) \cdot m, \quad (85)$$

$$[f] = (0,005 \div 0,01) 8 = 0,04 \div 0,08 \text{ мм}.$$

Таким образом жесткость обеспечена, так как $f = 0,0062 \text{ мм} < [f]$.

Определение коэффициентов запаса прочности в опасных сечениях вала червячного колеса (рисунок 20) следует проводить аналогично.

В данном случае запасы прочности больше $[n]$, так как диаметры участков вала, выбранные по условиям монтажа, превышают расчетные.

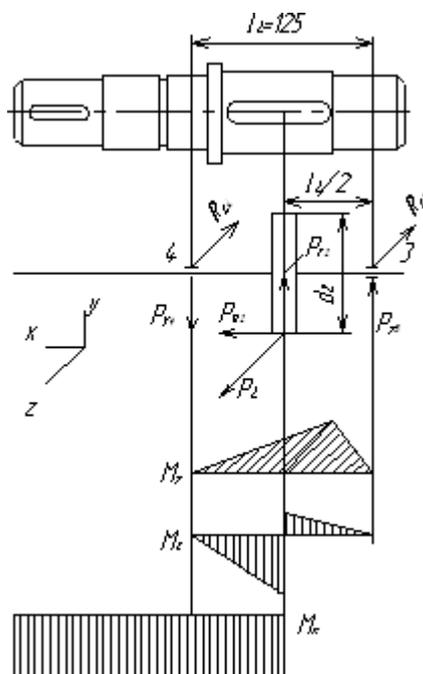


Рисунок 20 – Эпюры изгибающих и крутящих моментов выходного вала

Выполним выбор сорта масла.

Смазка зацепления и подшипников производится разбрызгиванием жидкого масла. Устанавливаем вязкость масла. При скорости скольжения $v_{ск}$ равной 6,15 м/с рекомендуемая вязкость ν_{50} равна 118 сСт. Принимаем масло индустриальное И-100А по ГОСТ 20799-75.

Выводы по разделу.

В разделе выполнены расчеты подъёмного механизма отвала, поворотного механизма отвала, прочностной расчет отвала, рассмотрена конструкция грейдера прицепного. Проведена проектная разработка одноступенчатого червячного редуктора привода поворотного механизма отвала. При проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что отвал для прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [12].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (86)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [13].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять отвал позиция 1 при помощи грузоподъемного приспособления	3
Осмотреть отвал на наличие повреждений и дефектов	2
Взять накладку позиция 2	1
Осмотреть накладку на наличие повреждений и дефектов	2
Взять нож нижний позиция 5	1
Осмотреть нож нижний на наличие повреждений и дефектов	2
Взять нож боковой позиция 3	1
Осмотреть нож боковой на наличие повреждений и дефектов	2
Взять винт М16×50 (36 шт.) позиция 9, шайбу 16 65Г.02 90 (36 шт.) позиция 14, гайку М16.58 (36 шт.)	2
Установить накладку, нож нижний, нож боковой на отвал при помощи винтов М16×50, шайб 16 65Г.02 90, гаек М16.58	36
Затянуть гайки М16.58 с моментом 80-90 Н·м	6
Взять кронштейн верхний позиция 4	1
Осмотреть кронштейн верхний на наличие повреждений и дефектов	1
Установить кронштейн верхний на отвал при помощи сварки	5
Взять кронштейн нижний позиция 7	1
Осмотреть кронштейн нижний на наличие повреждений и дефектов	1
Установить кронштейн нижний на отвал при помощи сварки	5
Взять зажим клеммовый (12 шт.) позиция 6	2
Осмотреть зажим клеммовый на наличие повреждений и дефектов	1
Установить зажимы клеммовые на кронштейны нижние и кронштейны верхние при помощи сварки	24
Проверить качество выполненных операций	10
Итого:	109

«Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (87)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{sum}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (88)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{um}^{обш} = 109 + 109 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 117,72 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Технологический процесс сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять отвал позиция 1 при помощи грузоподъемного приспособления	Приспособление грузоподъемное, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, центровка, электрический шуруповерт зубило, сварочный аппарат	99
		2	Осмотреть отвал на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять накладку позиция 2		
		4	Осмотреть накладку на наличие повреждений и дефектов		
		5	Взять нож нижний позиция 5		
		6	Осмотреть нож нижний на наличие повреждений и дефектов		
		7	Взять нож боковой позиция 3		
		8	Осмотреть нож боковой на наличие		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			повреждений и дефектов		
		9	Взять винт М16×50 (36 шт.) позиция 9, шайбу 16 65Г.02 90 (36 шт.) позиция 14, гайку М16.58 (36 шт.)		
		10	Установить накладку, нож нижний, нож боковой на отвал при помощи винтов М16×50, шайб 16 65Г.02 90, гаек М16.58		
		11	Затянуть гайки М16.58 с моментом 80-90 Н·м		
		12	Взять кронштейн верхний позиция 4		
		13	Осмотреть кронштейн верхний на наличие повреждений и дефектов		
		14	Установить кронштейн верхний на отвал при помощи сварки		
		15	Взять кронштейн нижний позиция 7		
		16	Осмотреть кронштейн нижний на наличие повреждений и дефектов		
		17	Установить кронштейн нижний на отвал при помощи сварки		
		18	Взять зажим клеммовый (12 шт.) позиция 6		
		19	Осмотреть зажим клеммовый на наличие повреждений и дефектов		
		20	Установить зажимы		

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			клеммовые на кронштейны нижние и кронштейны верхние при помощи сварки		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций	Динамометрический ключ	10

Технологическая схема сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки отвала для прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 6).

Таблица 6 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание прицепного гидравлического грейдера	1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в конструкции прицепного гидравлического грейдера . 2 Проверить состояние оборудования на наличие повреждений. 3 Проверить состояние гидравлической системы привода. 4 Выполнить смазку и регулировку механизмов	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, плоскогубцы	Перчатки, ветошь, моторное масло ГОСТ 8581-78 М-8-Г2 (зимой), М-10-Г2 (летом); трансмиссионное масло с противозадирными свойствами ТАп-15В , ГОСТ 23652-79; - литол-24 ГОСТ

Продолжение таблицы 6

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	прицепного гидравлического грейдера			21150-87

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников,

несчастливого случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Для данной конструкции прицепного гидравлического грейдера можно выделить следующие негативные проявления взаимодействия с окружающей средой.

К негативным относятся:

- возможный шум от стального ножа;
- возможное попадание смазочного материала от шарниров и гидроцилиндров в биосферу;
- загрязнение в результате истирания металлического ножа;
- загрязнение в результате коррозии металлических поверхностей.

Таблица 7 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания прицепного гидравлического грейдера.

Таблица 7 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в конструкции прицепного гидравлического грейдера. 2 Проверить состояние оборудования на наличие повреждений.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, навесного	Элементы конструкции базовой машины

Продолжение таблицы 7

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
3 Проверить состояние гидравлической системы привода. 4 Выполнить смазку и регулировку механизмов прицепного гидравлического грейдера	оборудования	
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины
	Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [12].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и

ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [12].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация,

дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [12].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: <ul style="list-style-type: none">– инструктажи по охране труда;– содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]</p>	<p>–</p>
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение 	<p>–</p>

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30]. 	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединённых операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечёт снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [30]. – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); 	–

Продолжение таблицы 8

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина» [20]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при – отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [15]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 9).

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17].

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании прицепного гидравлического грейдера (таблица 10), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 10 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании прицепного гидравлического грейдера

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия	Все приобретаемое оборудование должно

Продолжение таблицы 10

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
продукции требованиям пожарной безопасности	в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [31]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать

- эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания прицепного гидравлического грейдера и сведем их в таблицу 11.

Таблица 11 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание прицепного гидравлического грейдера»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании прицепного гидравлического грейдера:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных

- панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22];
 - литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса обслуживания прицепного гидравлического грейдера (таблица 6);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе обслуживания прицепного гидравлического грейдера (таблица 7) и определены методы и средства их снижения (таблица 8);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания прицепного гидравлического грейдера (таблицы 9, 10);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе обслуживания прицепного гидравлического грейдера (таблица 11).

6 Экономическая эффективность проекта

Базовая техника: автогрейдер.

Новая техника: прицепной грейдер.

Основные исходные данные для расчета экономической эффективности представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные

Наименование	Условные обозначения	Единица измерения	БТ	НТ
Производительность	П	м ³ /ч	67,16	84,83
Масса техники	–	т	12,7	6,9
Установленная мощность	–	кВт	129	121
Количество обслуживающего персонала	–	чел	1	1
Оптовая цена	Ц	тыс. р.	160,0	240,0
Средняя трудоемкость устранения отказа	Г _о	чел.-ч.	4,5	4,5

Годовая производительность машины определяется по формуле:

$$P = P_{\text{г}} \cdot T_{\text{г}}, \quad (89)$$

где $P_{\text{г}}$ – среднечасовая техническая производительность машины в натуральных измерениях;

$T_{\text{г}}$ – количество машино-часов работы в год на одну машину.

Количество машиночасов работы в год на одну машину определяется по формуле:

$$T_{\text{г}} = \frac{\Phi}{\left(\frac{1}{k_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}} + D_p + \frac{T_n}{T_{\text{об}}} \right)}, \quad (90)$$

где Φ – фонд рабочего времени, дней, принимается равным 255 дней;

$k_{см}$ – средний коэффициент сменности работы машины, см/дней, принимается равным 1,4 см/дней;

$t_{см}$ – средняя продолжительность рабочей смены, ч., принимается равным 7,71 ч.;

D_p – количество дней нахождения машины в ТО и Р приходящееся на 1 маш·ч./раб.;

$T_{п}$ – средняя продолжительность одной перебазировки машины, дней, так как не перебазировается, принимается равным 0;

$T_{об}$ – среднее количество машино-часов, маш.-ч., принимается равным 1000 маш.-ч.

Количество дней нахождения машины в ТО и Р:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^n B_i H_i}{k_x \cdot T_{ц}} + \frac{B_o}{t_o}, \quad (91)$$

где k_x – коэффициент, принимается равным 1,2;

B_i – нормативная продолжительность выполнения технических обслуживаний и ремонтов;

H_i – количество технических обслуживаний и ремонтов за межремонтный цикл;

B_o – средняя продолжительность устранения одного отказа, дни;

t_o – наработка машины на отказ, принимается равным 150 маш.-ч.;

$T_{ц}$ – межремонтный цикл, маш.-ч.

Величину $\sum_{i=1}^n \frac{B_i H_i}{T_{ц}}$ для традиционной техники принимаем равной

0,0103 дн./маш.-ч.

Тогда для БТ:

$$D_p = \frac{0,0103}{1,2} + \frac{0,35}{150} = 0,0109 \text{ дн/маш.-ч.},$$

$$T_c = \frac{255}{(0,093 + 0,0109)} = 2454 \text{ маш.-ч./год};$$

$$P_g = 67,16 \cdot 2454 = 164,811 \text{ тыс.м}^3/\text{год}.$$

Для НТ:

$$P_g = 84,83 \cdot 2454 = 208,173 \text{ тыс.м}^3/\text{год}.$$

Величину капитальных затрат для БТ и НТ можно определить по формуле:

$$K = k_b \cdot C, \quad (92)$$

где k_b – коэффициент перехода от оптовой цены к среднебалансовой стоимости объекта капиталовложений;

C – оптовая цена.

Для БТ: $K = 1,12 \cdot 120,000 = 134,4$ тыс.р.

Для НТ: $K = 1,12 \cdot 80,0 = 89,6$ тыс.р.

Определяем текущие затраты.

а) зарплата оператору.

Затраты на основную заработную плату оператора определяются по формуле [33]:

$$Z_o = 1,62 \cdot k_c \cdot n \cdot G, \quad (93)$$

где k_c – средний коэффициент к тарифной ставке, принимается равным 1,105;
 n – количество операторов в одну смену;
 G – часовая тарифная ставка работы, принимается равной 156,88 р./маш.-ч.

Тогда для БТ

$$Z_o = 1,62 \cdot 1,105 \cdot 1 \cdot 156,88 = 280,83 \text{ р./маш.-ч.}$$

НТ:

$$Z_o = 1,62 \cdot 1,105 \cdot 1 \cdot 156,88 = 280,83 \text{ р./маш.-ч.}$$

б) затраты на ТО и текущий ремонт.

Затраты на выполнение ТО и Р машины определяются по формуле:

$$P_{рем} = 1,3 \cdot 1,2 k_c c_T \left[\frac{\sum_{i=1}^n r_i H_i}{k_x T_u} + \frac{r_o}{t_o} \right] \cdot (1 + 0,846 \cdot k_{зч}), \quad (94)$$

где k_c и r_o – трудоемкость выполнения ТО и текущих ремонтов; принимается равным 1,105 и 4,5 чел.ч.
 1,2 – средний коэффициент, учитывающий премии рабочим;
 c_T – часовая тарифная ставка среднего разряда работы 139,2 р.
 $k_{зч}$ – коэффициент перехода от суммы основной заработной платы технической эксплуатации машины к стоимости запасных частей, принимаем равным 1,3;
 t_o – средняя наработка на отказ.

$\frac{\sum_{i=1}^n r_i H_i}{T_{ц}}$ принимаем для БТ равным 0,0147.

Для БТ и НТ:

$$P_{рем} = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 139,2 \cdot \left[\frac{0,0147}{0,82} + \frac{4,5}{150} \right] \cdot (1 + 0,846 \cdot 1,3) = 0,52 \text{ р./маш.-ч.}$$

в) амортизационные отчисления.

Амортизационные отчисления машины определяются по формуле:

$$A = 1,1 \cdot a_n \frac{K}{T_2}, \quad (95)$$

где a_n – нормы амортизационных отчислений в долях единицы, принимаем равным 0,15.

$$A_{БТ} = 1,1 \cdot 0,24 \frac{134,4}{2454} = 14,46 \text{ р.,}$$

$$A_{НТ} = 1,1 \cdot 0,24 \frac{89,6}{2454} = 9,64 \text{ р.}$$

г) затраты на топливо для строительных машин определяются по формулам:

$$Z_{от} = 1,1 \sum_{i=1}^n Ц_{эi} \cdot W_i, \quad (96)$$

где: $Ц_{эi}$ – тариф на топливо;

W_i – затраты топлива на 1 маш.-ч. работы машины.

$$W_i = N_{\text{э}} \cdot k_{\text{СП}} \quad (97)$$

$$Z_{\text{омНТ}} = 1,1 \cdot 50,5 \cdot 0,198 = 10,99 \text{ р./маш.-ч.},$$

$$Z_{\text{омБТ}} = 1,1 \cdot 50,5 \cdot 0,198 = 10,99 \text{ р./маш.-ч.}$$

д) затраты на смазочные материалы определяются по формуле:

$$Z_c = k_e \cdot Z_{\text{ом}}, \quad (98)$$

где k_e – коэффициент перехода от затрат на электроэнергию к затратам на смазочные материалы, принимается равным 0,22.

$$Z_{\text{сБТ}} = 0,22 \cdot 10,99 = 2,42 \text{ р./маш.-ч.},$$

$$Z_{\text{сНТ}} = 0,22 \cdot 10,99 = 2,42 \text{ р./маш.-ч.},$$

Расчетные величины сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Калькуляция текущих затрат

Статьи затрат	Обозначения	Затраты, руб.	
		БТ	НТ
Зарплаты операторам	Z_o	280,83	280,83
Отчисления на социальные нужды	30%	84,25	84,25
Затраты на ТО и Р	$P_{\text{рем}}$	0,52	0,52
Отчисления на амортизацию	A	14,46	9,64
Затраты на топливо	$Z_{\text{дт}}$	10,99	10,99
Затраты на смазку	Z_c	2,42	2,42
Общая сумма затрат	C	393,47	393,47

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\text{Э} = П'' \left[\frac{C}{П'} - \frac{C''}{П''} + E_n \left(\frac{k'}{П'} - \frac{k''}{П''} \right) \right], \quad (99)$$

где $П''$ – годовой объем работ, выполняемый с использованием НТ;

C – себестоимость;

k – капиталовложения;

E_H – нормативный коэффициент сравнения эффективности капитальных вложений, принимается равным 0,15.

$$\mathcal{E} = 208,179 \cdot \left[\frac{393,47}{67,17} - \frac{25,22}{84,83} + 0,15 \cdot \left(\frac{134,400}{164,811} - \frac{89,600}{208,179} \right) \right] = 86,8 \text{ р.}$$

Удельная фондоемкость вычисляется по формуле:

$$\Phi_y = \frac{K}{P_y}. \quad (100)$$

$$\Phi_{yBT} = \frac{134,4}{164,811} = 0,45 \text{ р./м}^3,$$

$$\Phi_{yHT} = \frac{89,6}{208,179} = 0,30 \text{ р./м}^3.$$

Годовые эксплуатационные издержки вычисляются по формуле:

$$\mathcal{E}_u = C \cdot P_i, \quad (101)$$

$$\mathcal{E}_u = 30,04 \cdot 2454 = 73718 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_u = 25,22 \cdot 2454 = 61890 \text{ р.}$$

Снижение затрат на материалы определим по формуле:

$$\Delta Q = (g_y' - g_y'') P'', \quad (102)$$

где g_y' и g_y'' -соответственно, удельная материалоемкость продукции, вырабатываемой техникой до и после модернизации.

Определим удельную материалоемкость по формуле:

$$g_y = \frac{Q}{T_{cl} \cdot k_M \cdot \Pi}, \quad (103)$$

где Q – масса машины, т;

k_M – коэффициент использования материала, принимается равным 0,8;

T_{cl} – срок службы машины.

$$g_y' = \frac{13,1}{8 \cdot 0,8 \cdot 164,811} = 0,011 \text{ кг/м}^3,$$

$$g_y'' = \frac{6,9}{8 \cdot 0,8 \cdot 208,179} = 0,005 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда ΔQ будет:

$$\Delta Q = (0,011 - 0,005) \cdot 208,179 = 1,250 \text{ т/год.}$$

Срок окупаемости затрат вычисляем по формуле:

$$T_{ок} = \frac{Ц_M}{Э_z}, \quad (104)$$

$$T_{цнт} = \frac{80,0}{43,46} = 1,8 \text{ года.}$$

Снижение затрат труда на единицу выпускаемой продукции, (на 1 модернизацию машины) вычисляем по формуле:

$$\Delta R = \left[\frac{T_2 \left(n + \frac{r_o'}{t_o'} \right)}{\Pi'} - \frac{T_2 \left(n + \frac{r_o''}{t_o''} \right)}{\Pi''} \right] \Pi'' \quad (105)$$

где n – число членов экипажа, чел.

$$\Delta R = \left[\frac{2454 \left(1 + \frac{4,5}{150} \right)}{164,811} - \frac{2454 \left(1 + \frac{4,5}{150} \right)}{208,179} \right] \cdot 208,179 = 739 \text{ чел.ч/год.} \quad (105)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Основные технико-экономические показатели модернизации

Показатели	Единица измерения	Величины	
		Проект	База
Масса машины	т	6,9	13,1
Мощность двигателя	кВт	121	129
Эксплуатационная часовая производительность	м ³ /ч	84,83	67,16
Инвентарно-расчетная стоимость машины	тыс. р.	160,0	240,0
Удельная фондоемкость	р./т	0,30	0,45
Годовые эксплуатационные издержки	р./год	61890	73718
Затраты на модернизацию	р.	80000	–
Снижение удельной металлоемкости	т	1,250	–
Годовой экономический эффект	тыс. р.	86,8	–
Срок окупаемости затрат	год	1,8	–
Снижение затрат труда	чел.-ч./год	739	–

Выводы по разделу.

В разделе определена целесообразность разработки конструкции прицепного гидравлического грейдера с экономической стороны, затраты на модернизацию составили 80000 р.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция прицепного гидравлического грейдера на базе колесного трактора Т-150К.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции прицепного гидравлического грейдера. Для небольших фермерских хозяйств и дорожно-строительных компаний содержание специализированной техники для выполнения земляных работ является экономически нецелесообразным. Применение разработанной конструкции прицепного гидравлического грейдера позволит сократить эксплуатационные затраты.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрена характеристика автогрейдеров, выполнен анализ применяемых прицепных грейдеров;
- выполнен тягово-динамический расчёт трактора Т-150К, используемого для работы прицепного грейдера;
- выполнены расчеты подъёмного механизма отвала, поворотного механизма отвала, прочностной расчет отвала, рассмотрена конструкция грейдера прицепного. Проведена проектная разработка одноступенчатого червячного редуктора привода поворотного механизма отвала. При проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки конструкции прицепного гидравлического грейдера;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции прицепного гидравлического грейдера с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Банников С. А. Трактор Т-150 [Текст] : [Учебник для подгот. рабочих на производстве] / С.А. Банников, В.А. Родичев. - Москва : Высш. школа, 1977. - 200 с.
- 2 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с
- 3 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.
- 4 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.
- 5 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

6 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

7 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

8 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева. - 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

9 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

10 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации «Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

11 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

12 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

13 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

14 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 15.03.01 «Машиностроение» (квалификация (степень) «бакалавр») / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

15 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

16 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарева». - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

17 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

18 Уханов А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

19 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

20 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

21 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

25 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Продолжение Приложения А

Формат Экз.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<u>Документация</u>		
A1		23.ДП.01.137.02.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
			<u>Сборочные единицы</u>		
Ср. №	1	23.ДП.01.137.01.000.СБ	Основание рамы	1	
	2	23.ДП.01.137.02.000.СБ	Гидроцилиндр	1	
	3	23.ДП.01.137.03.000.СБ	Привод поворота отвала	1	
	4	23.ДП.01.137.04.000.СБ	Отвал	1	
	5	23.ДП.01.137.05.000.СБ	Направляющая	3	
	6	23.ДП.01.137.06.000.СБ	Сферическая опора	1	
	7	23.ДП.01.137.07.000.СБ	Палец сферический	2	
			<u>Стандартные изделия</u>		
Взам. инв. №	11		Болт М12×4.5.58 ГОСТ 7790-70	4	
	12		Болт М14.×58.58 ГОСТ 7790-70	3	
	13		Гайка М12.5 ГОСТ 5915-70	4	
	14		Гайка М14.5 ГОСТ 5915-70	3	
		23.ДП.01.137.09.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Куян М.Э.				
Пров.	Угарова Л.А.				
Н.контр.	Угарова Л.А.				
Утв.	Бадровский А.В.				
Рама тяговая			Лит.	Лист	Листов
			Д	1	2
			ТГУ, АТс-1801В		
Копировал			Формат А4		

Рисунок А.7 – Спецификация на тяговую раму грейдера

