

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))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора

Обучающийся

В.В. Трапезников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов

(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)

О.А. Головач

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора».

Цель работы – разработка навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 113 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 проведен патентный поиск конструкций навесного оборудования для бульдозеров, предложено использовать бульдозерный отвал, в верхней части которого смонтировано крановое оборудование для подъёма груза на небольшую высоту. Такое техническое решение позволяет отказаться от дополнительных грузоподъёмных машин, значительно упрощая организацию и технологию строительных работ.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт гусеничного трактора Т-130.

В третьем разделе проведены расчеты на прочность основных элементов рабочего оборудования и гидропривода гусеничного трактора.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки навесного оборудования для подъёма грузов.

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 work is: «The design development of an attachment for lifting loads based on a caterpillar tractor».

The graduation work 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 thesis is the construction design of the attachment and its drive on the bulldozer blade.

We touch upon the problem of the low efficiency of the bulldozers use in mass and local excavation works. We propose to use the bulldozer blade, in the upper part of which the crane equipment is mounted for lifting loads to a low altitude. This technical solution allows to abandon the additional lifting equipment, greatly simplifies the organization and technology of the construction work and improves the economic performance of construction.

The aim of the work is to develop the attachment for lifting loads based on a caterpillar tractor.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the patent search for attachments designs for bulldozers (we propose to use the bulldozer blade); the traction-dynamic calculation of the «T-130» caterpillar tractor; the strength calculation of the main elements of working equipment and hydraulic drive of the caterpillar tractor; the choice of the organizational form of the attachment's assembly, the description of its technological process; the labor intensity calculation; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the justification of the economic efficiency of the project.

This graduation project has a practical application for enterprises that work on the construction sites or in the quarries.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	9
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	14
2.1 Определение рабочего тягового диапазона.....	14
2.2 Определение эксплуатационной массы трактора.....	15
2.3 Расчет основных рабочих скоростей.....	16
2.4 Определение динамического радиуса ведущих колес .....	18
2.5 Расчет передаточных чисел трансмиссии.....	18
2.6 Определение коэффициента полезного действия (КПД) трансмиссии.	20
2.7 Определение номинальной эксплуатационной мощности двигателя ...	21
2.8 Расчет регуляторной характеристики двигателя .....	23
2.9 Расчет тяговой характеристики трактора .....	26
2.10 Построение тяговой характеристики трактора .....	28
2.11 Анализ расчетных параметров трактора и тяговых характеристик трактора .....	31
3 Конструкторская часть .....	33
3.1 Исходные параметры для расчётов .....	33
3.2 Проектирование металлоконструкции стрелы.....	52
3.3 Определение производительности .....	56
3.4 Расчёт на устойчивость проектируемого бульдозера с механизмом подъёма груза.....	57
3.5 Выбор места установки механизма подъёма груза .....	58
3.6 Выбор, расчет и оптимизация параметров гидропривода .....	60
4 Технологический раздел.....	67
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	68
4.2 Проектирование технологического процесса сборки привода барабана механизма подъема груза .....	72
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	80

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны...	81
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	82
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	84
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	90
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора.....	93
6 Экономическая эффективность проекта.....	96
Заключение .....	102
Список используемой литературы и используемых источников.....	103
Приложение А. Спецификация.....	109

## Введение

Технический прогресс в строительстве последних лет был связан с усовершенствованием планировочных и конструктивных схем зданий и сооружений, улучшением и унификацией конструкций в промышленном и гражданском строительстве, типизацией их номенклатуры и сортамента, что практически обеспечило рост индустриализации строительства, позволило переместить процессы изготовления конструкций и деталей со строительных площадок, значительно снизить трудоемкость строительства.

Дальнейшие задачи повышения эффективности строительного производства, осуществления непрерывного роста производительности труда тесно связаны с оценкой и реализацией резервов производства, основанными на максимальном использовании интенсивных факторов, сокращении продолжительности и трудоемкости строительства. Ускорение темпов роста производительности труда на основе мобилизации имеющихся резервов по сокращению трудоемкости и рациональному использованию рабочего времени становится настоящей необходимостью.

Важнейшим фактором снижения трудоемкости строительства является дальнейшая механизация строительных процессов на основе использования комплекса современных машин и механизмов. Увеличение числа машин каждого вида сопровождается повышением их мощности, внедрением новых, более совершенных типов. На стройках появляются мощные экскаваторы с увеличенной вместимостью ковша, скреперы повышенной проходимости, бульдозеры со специальным навесным оборудованием, большегрузные автомобили-самосвалы повышенной проходимости.

«Одной из важнейших задач совершенствования конструкции машин является снижение их материалоемкости при одновременном повышении надежности. Если же учесть постоянное стремление к увеличению скоростей рабочих органов для повышения производительности, приводящее к увеличению динамической нагруженности, то решение этой задачи

представляет всегда большие трудности» [15].

«Решение этой задачи требует применения более прочных и износостойких материалов: высокопрочных хорошо свариваемых легированных сталей для рабочего оборудования, высоколегированных сталей с высокими пределами выносливости для механизмов привода, износостойких сталей и высокотвердых композиционных порошковых материалов для рабочих органов, легких сплавов и высокопрочных пластмасс для кабин, кожухов, капотов и других ограждающих конструкций. Применение в конструкциях рабочего оборудования и несущих элементов машин для земляных работ более лёгких и высокопрочных композитных материалов даст новый толчок к снижению их материалоемкости» [15].

«Важной задачей в улучшении качества машин является также снижение их энергоёмкости. Эта задача постоянно решается путем совершенствования принципов взаимодействия рабочих органов с грунтом – более широкого применения вибрационного и виброударного, физико-химического и термического воздействия на грунт и совершенствования конструкций рабочих органов для уменьшения сил сопротивления грунта отделению его от массива, перемещению его в рабочий орган и транспортированию, а также путем повышения коэффициента использования двигателей силовой установки, повышения КПД механизмов приводов рабочих органов, применения систем рекуперации энергии» [1].

«Весьма важным направлением в совершенствовании конструкций машин для земляных работ является улучшение их социальной приспособленности, повышение основных эргономических, эстетических и экологических качеств.

Большое значение имеет создание для машинистов кабин управления с хорошей обзорностью и микроклиматом, с вибрацией и шумом, не превышающих допустимых пределов, что обеспечивает минимальную утомляемость при управлении машиной» [5].

Учитывая огромные объемы выполнения строительного-монтажных

работ, каждая доля процента повышения уровня механизации обеспечивает значительное сокращение затрат труда. Система новых машин, поступающих на стройки в последнее время, наиболее полно соответствует технологическим требованиям и условиям производства работ в разных отраслях строительства. Увеличение мощности и рабочих скоростей строительных машин сопровождается значительным улучшением их эргономических показателей; они оснащаются средствами для программного и дистанционного управления.

Общее повышение уровня механизации и автоматизации строительных процессов, а также улучшение использования машин по времени должны обеспечить улучшение условий труда.

## 1 Состояние вопроса

Широкое использование бульдозеров на массовых и локальных земляных работах требует постоянного повышения их эффективности и технического совершенства. Являясь навесным оборудованием для гусеничных и колёсных тракторов, бульдозерное оборудование применяется главным образом для послойного копания и перемещения грунтов в направлении или в сторону от направления движения агрегата.

В данном дипломном проекте предлагается использовать бульдозерный отвал, в верхней части которого смонтировано крановое оборудование для подъёма груза на небольшую высоту. Такое техническое решение позволяет отказаться от дополнительных грузоподъёмных машин, значительно упрощая организацию и технологию строительных работ и улучшая экономические показатели строительства.

Предлагаемое навесное оборудование устанавливается посередине отвала параллельно продольной оси трактора в верхней части. Стрела представляет собой балку гнуто-сварного профиля квадратного коробчатого сечения по ГОСТ 25577-83 размером  $150 \times 8$ . Стрела посредством цилиндрического шарнира соединяется с отвалом в верхней его части. Угол наклона стрелы изменяется при помощи гидроцилиндра, который в свою очередь соединён цилиндрическими шарнирами с отвалом и стрелой. Скорость изменения угла наклона равна  $0,5$  м/с.

Механизм подъёма груза расположен на опорной плите, которая шарнирно установлена за отвалом между толкающих брусьев. Он состоит из грузового барабана с разъемными фланцами, муфты упругой втулочно-пальцевой с тормозным шкивом, суммирующего ленточного тормоза. Привод механизма подъёма груза осуществляется при помощи гидромотора Г15-23. Ленточный тормоз приводится в действие при помощи гидротолкателя. Управление тормозом осуществляется машинистом из кабины. Поверхность грузового барабана имеет канавки. Канавки на

поверхности барабана нарезаны по системе Le-Bus. Канат крепится к поверхности барабана при помощи накладок.

В качестве сечения опорной плиты выбрана балка коробчатого сечения, состоящая из двух швеллеров и двух пластин, прямоугольного сечения.

Для применяемой схемы подвеса груза применена крюковая подвеска по ОСТ 2419108-81 грузоподъемностью. 3,2 т массой 32 кг.

Патентный поиск по данной теме был проведен за 30 лет по классу E 02F 3/76. Просмотрены материалы, которые были открыты программой при заданном ключевом слове для поиска «навесное оборудование бульдозера». Во всех просмотренных материалах по бульдозерам, задаются целью повышения эффективности и надёжности работы бульдозерного оборудования.

Перечень просмотренных материалов сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Перечень просмотренных материалов

Страна патентования	Индекс МКИ	Просмотренные материалы	
		наименование	за период
Россия	E02F3/76	Описание изобретения к авторским свидетельствам	1981-2005

Данные некоторых свидетельств и патентов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные авторских свидетельств и патентов

Страна	Выявленные аналоги	Индекс МКИ	Дата подачи заявки	Формула изобретения
«Россия»	1062350	E02F3/76	23.12.1993	Бульдозерное оборудование, включающее толкающие брусья, отвал и шарнирно соединенную боковинами с верхними кронштейнами отвала переднюю раздвижную челюсть с ножом и гидроцилиндрами её поворота и раздвижения, содержащую боковины и направляющие горизонтальные штанги с ограничительными упорами, одна из которых связана с

Продолжение таблицы 2

Страна	Выявленные аналоги	Индекс МКИ	Дата подачи заявки	Формула изобретения
				кронштейнами отвала, отличающееся тем, что, с целью уменьшения металлоемкости, боковины с ножом выполнены из единой гибкой стальной пластины, кронштейны соединения горизонтальной штанги с отвалом расположены с внешней стороны боковин, а ограничительные упоры установлены на последней с внутренней стороны боковин передней челюсти» [9]
«Россия»	1051175	E02F3/76	30.10.1993	Бульдозерное оборудование, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности работы, передняя челюсть соединена с кронштейном посредством закрепленной на последнем сферической головки и прикрепленной к боковым стенкам челюсти поперечной балки со сферическим гнездом, в котором размещена сферическая головка, а нижние концы боковых стенок связаны между собой посредством поперечины с расположенным над дополнительным ножом с возможностью взаимодействия с режущей кромкой основного ножа продольным выступом» [32].
«Россия»	1040054	E02F3/76	07.09.1993	Бульдозерное оборудование, отличающееся тем, что, с целью расширения его технологических возможностей, шарнирное соединение передней челюсти с кронштейнами отвала выполнено из гильзы, к которой прикреплены боковые стенки челюсти, и из смонтированной на кронштейнах отвала и пропущенной через гильзы поворотной балки, связанный с гидроцилиндрами управления, при этом гильза установлена на поворотной балке с возможностью продольного перемещения и фиксации, а кронштейны установлены на верхних частях торцевых сторон вала» [31].
«Россия»	972011	E02F3/76	17.11.1992	Бульдозерное оборудование, включающее толкающие брусья, отвал и шарнирно соединенную боковинами с верхними кронштейнами отвала

Продолжение таблицы 2

Страна	Выявленные аналоги	Индекс МКИ	Дата подачи заявки	Формула изобретения
				<p>переднюю челюсть с ножом и гидроцилиндром её поворота, отличающееся тем, что, с целью расширения его эксплуатационных возможностей, нож передней челюсти выполнен из секций, имеющих верхние проушины и расположенных одна за другой. Каждая секция одним концом закреплена на соответствующей боковине, передняя челюсть снабжена гидроцилиндром раздвижения боковин и горизонтальными штангами, закрепленными на одной из боковин и пропущенными через другую, первой штангой передняя челюсть соединена с кронштейнами отвала, а второй – с гидроцилиндром её поворота, а третья горизонтальная штанга пропущена через проушины секций ножа передней челюсти» [4].</p>
«Россия»	899775	E02F3/76	10.03.1992	<p>Бульдозерное оборудование, включающее толкающие брусья, отвал с ножом и шарнирно соединенную с отвалом переднюю челюсть с ножом и гидроцилиндром её поворота, отличающееся тем, что с целью расширения эксплуатационных возможностей, оно снабжено шарнирно шарнирно-соединенной с верхней частью отвала траверсой, имеющей жестко связанные между собой коромысла одними концами шарнирно соединены с передней челюстью, которая посредством дополнительных гидроцилиндров связана с другими концами коромысел, а гидроцилиндр поворота челюсти соединен с рычагом» [21].</p>

В результате проведенного поиска, было выявлено множество решений, позволяющих расширить технологические возможности бульдозера. В рассмотренных авторских свидетельствах предлагаются интересные варианты, в которых бульдозерное оборудование модернизируется, что ведет к использованию бульдозера как подъёмно-транспортную машину.

Все представленные выше решения представляют собой смонтированный челюстной захват на отвале бульдозера, который позволяет зажать какой-либо груз между челюстным захватом и отвалом и перевести или поднять на некоторое расстояние.

В данном дипломном проекте предлагается использовать бульдозерный отвал, в верхней части которого смонтирован механизм подъёма грузов на небольшую высоту (рисунок 1).

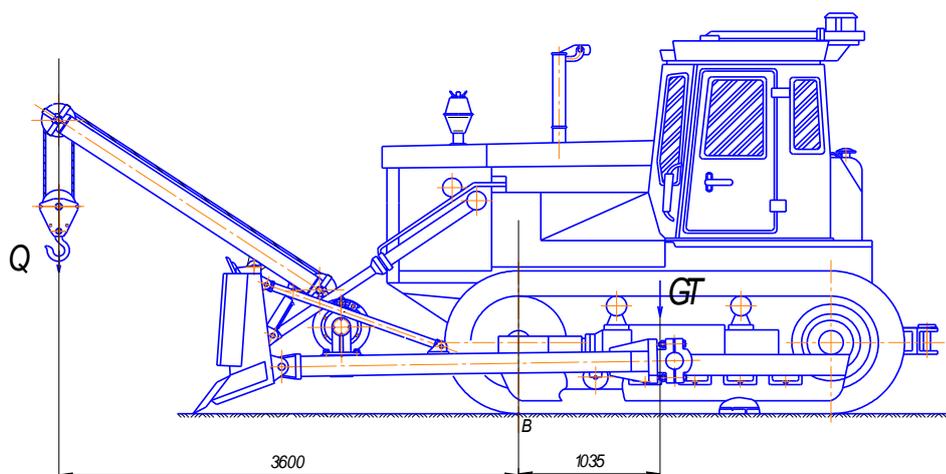


Рисунок 1 – Установка механизма подъёма грузов на бульдозер

Такое техническое решение позволяет отказаться от дополнительных грузоподъёмных машин, значительно упрощая организацию и технологию строительных работ и улучшая экономические показатели строительства.

Выводы по разделу.

Проведен патентный поиск конструкций навесного оборудования для бульдозеров, предложено использовать бульдозерный отвал, в верхней части которого смонтировано крановое оборудование для подъёма груза на небольшую высоту. Такое техническое решение позволяет отказаться от дополнительных грузоподъёмных машин, значительно упрощая организацию и технологию строительных работ.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Тяговый расчет проводится для определения основных параметров трактора: эксплуатационной массы, расчетных скоростей движения, передаточных чисел трансмиссии и мощности двигателя.

Исходные данные:

- прототип трактора – Т-130;
- прототип двигателя – Д-160;
- число передач КПП трактора – 6;
- номинальная частота вращения коленчатого вала трактора –  $22,4 \text{ с}^{-1}$ ;
- степень сжатия  $\varepsilon$  двигателя трактора – 15;
- скорость трактора на I передаче, номинальная – 1,35 м/с;
- агрофон – осушенное болото;
- тяговое усилие номинальное на I передаче  $P_{кр.н1} = 68,7 \text{ кН}$ .

### 2.1 Определение рабочего тягового диапазона

«Тяговый диапазон проектируемого трактора на основных передачах охватывает всю сумму нагрузок в соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к трактору данного тягового класса, и некоторую часть нагрузок, относящихся к тяговой зоне соседних с ним классов. Перекрытие тяговых зон позволяет выполнять некоторые работы тракторами смежных классов, что расширяет сферу применения имеющихся в хозяйстве тракторов» [25].

«Сила тяги  $P_{кр.н z}$ , развиваемая трактором на высшей передаче основной группы передач при номинальной загрузке двигателя, определяется по формуле:

$$P_{кр.н z} = \frac{P_{кр.н1}}{\delta_m}, \quad (1)$$

где  $P_{кр.н1}$  – сила тяги, развиваемая трактором на первой передаче при номинальной нагрузке двигателя, кН;  
 $\delta_m$  – диапазон тяги» [25].

$$P_{кр.н z} = \frac{68,7}{2,1} = 32,7 \text{ кН.}$$

## 2.2 Определение эксплуатационной массы трактора

«Эксплуатационная масса трактора должна обеспечивать сцепления движителя с почвой, необходимое для реализации максимальной касательной силы  $P_{к.маx}$ . Это условие может быть записано выражением:

$$P_{к.маx} \leq \varphi_{доп} \lambda_{сц} m_э g \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где  $\varphi_{доп}$  – допустимая величина коэффициента использования сцепного веса трактора, соответствующая допустимому буксованию его движителя. Для агрофона – осушенное болото принимается равным от 0,35 до 0,55;

$\lambda_{сц}$  – коэффициент перераспределения сцепной массы, показывающий долю эксплуатационной массы трактора, нагружающие ведущие колеса: 1 для гусеничных тракторов.

$m_э$  – эксплуатационная масса трактора, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>» [25].

«Максимальная касательная сила  $P_{к.маx}$  должна соответствовать условию типажа:

$$P_{к.маx} \geq P_{кр.н1} \cdot 10^{-3} + f \cdot m_э \cdot g, \quad (3)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению, принимается равным в диапазоне от 0,11 до 0,14» [25].

Из условий (2) и (3) следует, что:

$$\varphi_{дон} \cdot \lambda_{сц} \cdot m_э \geq P_{кр.н1} \cdot 10^{-3} + f \cdot m_э \cdot g. \quad (4)$$

Следовательно, минимальное значение эксплуатационной массы трактора должно быть выбрано таким образом, чтобы при работе трактора в соответствующих условиях с силой тяги, развиваемой трактором на первой передаче при номинальной загрузке двигателя  $\varphi_{дон}$  колес не превышало допустимых в этом случае пределов:

$$m_э \geq \frac{P_{кр.н1} \cdot 10^3}{(\varphi_{дон} \lambda_{сц} - f) g}, \quad (5)$$

$$m_э \geq \frac{68,7 \cdot 10^3}{(0,5 \cdot 1 - 0,12) \cdot 9,81} = 18429 \text{ кг.}$$

### 2.3 Расчет основных рабочих скоростей

«Для расчета основных рабочих скоростей трактора определятся диапазон скоростей, который характеризуется отношением скорости на высшей передаче к скорости на первой передаче:

$$\delta_{v осн} = \frac{V_z}{V_{m1}}, \quad (6)$$

где  $V_{m1}$  – теоретическая скорость на первой передаче, м/с;

$V_z$  – высшая рабочая скорость, м/с» [25].

$$\delta_{v_{осн}} = \frac{3,129}{1,35} = 2,3.$$

При наличии ступенчатой коробки передач для более выгодного использования мощности двигателя на всех рабочих передачах основные рабочие скорости движения трактора должны образовывать геометрическую прогрессию.

«Знаменатель геометрической прогрессии определяется по формуле:

$$q = {}^{z-1}\sqrt{\frac{V_z}{V_{m1}}} = {}^{z-1}\sqrt{\delta_{v_{осн}}}, \quad (7)$$

где  $z$  – количество передач» [25].

$$q = {}^{5-1}\sqrt{2,3} = 1,23.$$

«Теоретические скорости  $V_{mk}$  движения на любой передаче определяется отношением:

$$V_{mk} = V_{m1} q^{k-1}, \quad (8)$$

где  $k$  – номер передачи» [25].

$$V_{m1} = 1,35 \text{ м/с},$$

$$V_{m2} = 1,35 \cdot 1,23^{2-1} = 1,661 \text{ м/с};$$

$$V_{m3} = 1,35 \cdot 1,23^{3-1} = 2,042 \text{ м/с};$$

$$V_{m4} = 1,35 \cdot 1,23^{4-1} = 2,512 \text{ м/с};$$

$$V_{m5} = 1,35 \cdot 1,23^{5-1} = 3,089 \text{ м/с}.$$

## 2.4 Определение динамического радиуса ведущих колес

«Динамический радиус  $r_k$  ведущей звездочки гусеничного трактора определяется по следующей формуле:

$$r_k = \frac{I_{зв} z_k}{2\pi}, \quad (9)$$

где  $I_{зв}$  и  $z_k$  – соответственно шаг звена гусеничной цепи и число активно действующих зубьев звездочки за один оборот» [25].

$$r_k = \frac{0,17 \cdot 13}{2 \cdot 3,14} = 0,35 \text{ м.}$$

## 2.5 Расчет передаточных чисел трансмиссии

«Передаточное число трансмиссии на первой передаче определяется по формуле:

$$i_{мп1} = \frac{2\pi n_{ен} r_k}{V_{мн1}}, \quad (10)$$

где  $n_{ен}$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/с, принимается равной 22,4 об/с;

$V_{мн1}$  – теоретическая скорость на первой передаче при номинальной нагрузке двигателя, м/с, принимается равной 1,35 м/с» [25].

$$i_{тп1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 22,4 \cdot 0,35}{1,35} = 36,471.$$

Остальные числа трансмиссии рассчитывают по формуле:

$$i_{mp.k} = \frac{i_{mp1}}{q^{k-1}}, \quad (11)$$

$$i_{mp.2} = \frac{36,471}{1,23^{2-1}} = 29,651,$$

$$i_{mp.3} = \frac{36,471}{1,23^{3-1}} = 24,107,$$

$$i_{mp.4} = \frac{36,471}{1,23^{4-1}} = 19,599,$$

$$i_{mp.5} = \frac{36,471}{1,23^{5-1}} = 15,934.$$

«Зная передаточные числа шестерен с постоянным зацеплением трактора-прототипа  $i_0$  определяются передаточные числа коробки передач по формуле:

$$i_{kn} = \frac{i_{mp.k}}{i_0}, \quad (12)$$

где  $i_{zл}$  – передаточное число главной передачи, принимается равным 3,08;  
 $i_k$  – передаточное число конечной передачи, принимается равным 4,42» [25].

$$i_0 = 3,08 \cdot 4,42 = 13,614,$$

$$i_{kn1} = \frac{36,471}{13,614} = 2,679,$$

$$i_{kn2} = \frac{29,651}{13,614} = 2,178,$$

$$i_{kn3} = \frac{24,107}{13,614} = 1,77,$$

$$i_{кп4} = \frac{19,599}{13,614} = 1,439,$$

$$i_{кп5} = \frac{15,934}{13,614} = 1,170.$$

## 2.6 Определение коэффициента полезного действия (КПД) трансмиссии

Механический КПД трансмиссии учитывает потери на трение, взбалтывание масла и тому подобное. Он зависит от числа пар зубчатых передач, находящихся в зацеплении, типа шестерен и способа их соединения между собой, от типа промежуточных соединений и муфт сцепления, вязкости и уровня заливаемого масла и других факторов. Часть потерь зависит от значения передаваемых моментов, а другая часть потерь зависит в основном от скорости вращения деталей и почти не зависит от нагрузочного режима.

«Механический КПД трансмиссии можно представить:

$$\eta_{тр} = \eta_{хол} \cdot \eta_n = (1 - \xi) \cdot \eta_{ц}^n \cdot \eta_{к}^m, \quad (12)$$

где  $\eta_{хол}$  и  $\eta_n$  – КПД, учитывающие потери соответственно холостого хода и при работе под нагрузкой;

$\eta_{ц}$  и  $\eta_{к}$  – КПД, соответственно цилиндрической, конической пар шестерен, принимается равным для цилиндрической пары шестерен равной от 0,985 до 0,99, для конической пары шестерен от 0,975 до 0,98;

$m$  и  $n$  – соответственно число пар цилиндрических и конических шестерен, находящихся в зацеплении на данной передаче;

$\xi$  – коэффициент, учитывающий потери холостого хода в трансмиссии, принимается равным от 0,03 до 0,05» [25].

КПД трансмиссии для 1 - 5 передач:

$$\eta_{mp} = (1 - 0,05) \cdot 0,985^4 \cdot 0,975^1 = 0,872.$$

Для 6 передачи:

$$\eta_{mp} = (1 - 0,05) \cdot 0,985^5 \cdot 0,975^1 = 0,859.$$

## 2.7 Определение номинальной эксплуатационной мощности двигателя

«Эксплуатационная мощность двигателя  $N_{ен}$  для обеспечения заданных тяговых и скоростных показателей трактора подсчитывается по формуле:

$$N_{ен} = \frac{P_{к.н1} V_{тн1}}{\eta_{mp}}. \quad (13)$$

Номинальная касательная сила тяги на 1-ой передаче определяется по формуле:

$$P_{к.н1} = P_{кр.н1} + P_f, \quad (14)$$

где  $P_f$  – сила сопротивления качению, кН» [25].

«Сила сопротивления качению определяется по формуле

$$P_f = f \cdot G, \quad (15)$$

где  $G$  – вес трактора, кН, принимается равным 137,3 кН» [25].

$$P_f = 0,12 \cdot 137,3 = 16,48 \text{ кН},$$

$$P_{к.н1} = 68,7 + 16,48 = 85,18 \text{ кН},$$

$$N_{ен} = \frac{85,18 \cdot 1,35}{0,885} = 130 \text{ кВт}.$$

Энергонасыщенность трактора оценивается по величине удельной мощности:

$$N_y = \frac{N_{ен}}{m_э}, \quad (16)$$

$$N_y = \frac{130}{18429} = 0,007 \text{ кВт/кг}.$$

Выполним подготовку исходных данных для расчета на ПЭВМ и сведем их в таблицу 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета [6]

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Величина
Номинальная мощность двигателя	$N_{ен}$	кВт	130
Номинальная частота вращения	$n_{ен}$	об/мин	2018
Номинальный удельный расход	$g_{ен}$	г/кВт·ч	244
Мощность снимаемая с ВОМ	$N_{вом}$	кВт	-
КПД трансмиссии	$\eta_{тр}$		0,859
КПД привода ВОМ	$\eta_{вом}$		-
Радиус вращения звездочки	$r_k$	м	0,37
Количество передач	$z$		6
Передаточные числа трансмиссии	$i_{тр}$		36,471
Масса трактора	$m_э$	т	18429
Коэффициент сцепления	$\varphi_{сц}$		0,5
Коэффициент качения	$f$		0,12
Коэффициент сцепной массы	$\lambda_k$		1

## 2.8 Расчет регуляторной характеристики двигателя

Основой для расчета и построения тяговой характеристики трактора является регуляторная характеристика двигателя.

«Регуляторная характеристика имеет две ветви: регуляторную – при  $n_e \geq n_{ен}$ , и скоростную или корректорную при  $n_e \leq n_{ен}$ .

На корректорной ветви характеристики значение эффективной мощности  $N_e$  и удельного эффективного расхода  $g_{ен}$  рассчитывают в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя  $n_e$  по формуле:

$$N_e = N_{ен} (ax + bx^2 - cx^3), \quad (17)$$

$$g_e = g_{ен} (a_1 - b_1x + c_1x^2). \quad (18)$$

где  $a, b, c, a_1, b_1, c_1$  – опытные коэффициенты, усредненные значения которых в зависимости от типа двигателя приведены в таблице 4.

$x$  – относительная частота вращения коленчатого вала двигателя» [25].

Таблица 4 – Значение опытных коэффициентов [14]

Тип двигателя	$a$	$b$	$c$	$a_1$	$b_1$	$c_1$
Дизели с нераздельной камерой сгорания	0,87	1,12	1	1,55	1,55	1

Остальные параметры двигателя определяются из следующих соотношений:

Крутящий момент двигателя:

$$M_e = \frac{10^3 N_e}{2\pi n_e}. \quad (19)$$

Часовой расход топлива:

$$G_{me} = 10^{-3} g_e N_e. \quad (20)$$

На регуляторной ветви (рисунок 2) принимается, что момент  $M_e$  и часовой расход изменяются линейно от номинальных значений до  $M_e = 0$  и  $G_m = G_{max}$  при  $n_e = n_{xx} = \delta_p n_{en}$ .

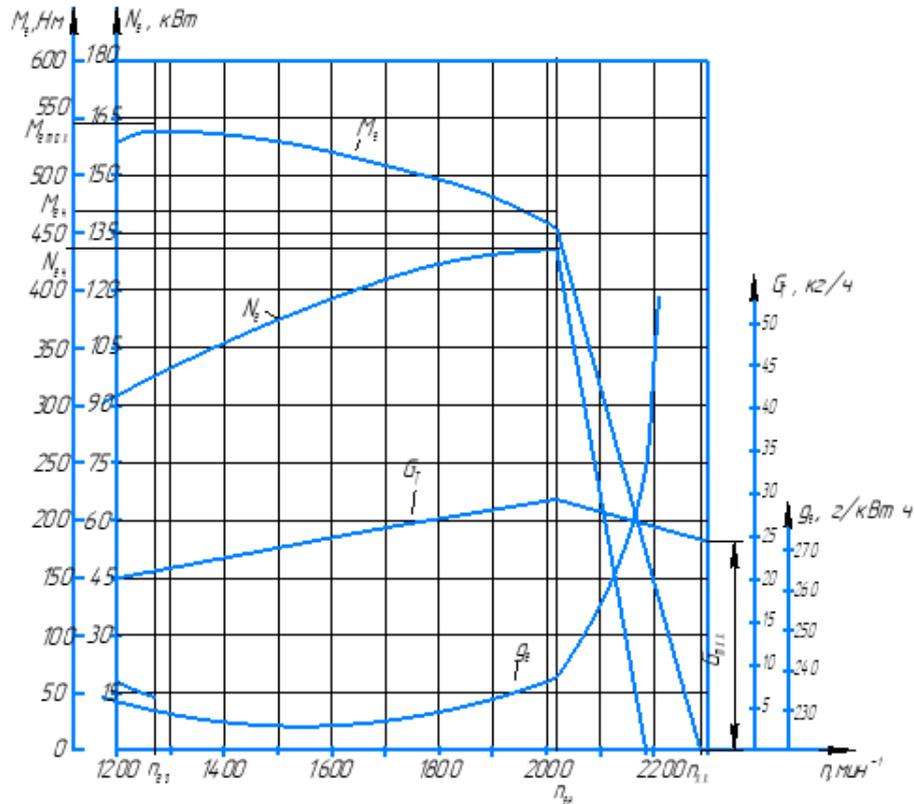


Рисунок 2 – Регуляторная характеристика дизеля, как функция частоты вращения

Крутящий момент на валу двигателя на регуляторной ветви определяется по соотношению:

$$M_e = M_{en} \left( \frac{\delta_p - x}{\delta_p - 1} \right). \quad (21)$$

Эффективная мощность на регуляторной ветви составляет:

$$N_e = 2\pi M_e n_e 10^{-3}. \quad (22)$$

Регуляторная характеристика дизеля, как функция крутящего момента представлена на рисунке 3.

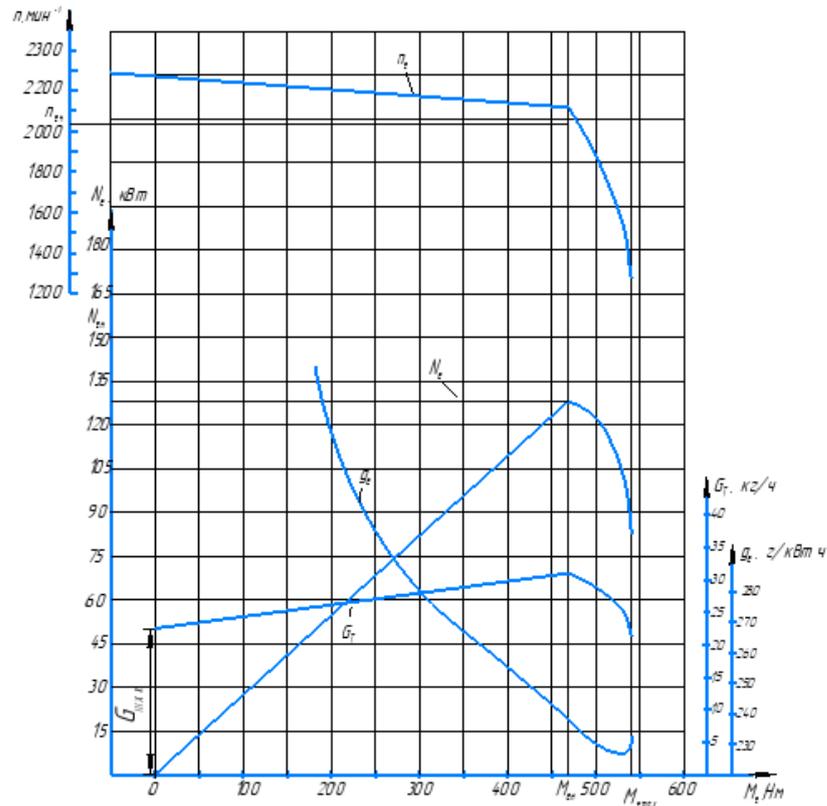


Рисунок 3 – Регуляторная характеристика дизеля, как функция крутящего момента

«Часовой расход топлива:

$$G_m = G_{mn} \left( \frac{(\delta_p - \delta_m) + (\delta_m - 1)x}{\delta_m - 1} \right), \quad (23)$$

где  $\delta_m$  – коэффициент, учитывающий долю расхода топлива на холостом ходу от номинального режима, принимается равным от 0,25 до 0,3» [25].

Удельный расход топлива:

$$g_e = \frac{10^3 G_m}{N_e}. \quad (24)$$

В таблице 5 представлены показатели регуляторных характеристик двигателя.

Таблица 5 – Показатели регуляторных характеристик двигателя

$x$	$M_e$ , Н·м	$N_e$ , кВт	$G_{me}$ , кг/ч	$g_e$ , г/кВт·ч
1,08	0	0	26,9	$\rightarrow \infty$
1	456,6	130	31,4	244
0,9	487,5	124,9	28,9	235,5
0,8	513,6	117,1	27,1	231,8
0,7	531,3	105,9	24,7	233,02
0,6	540,1	92,2	22,1	239,1

## 2.9 Расчет тяговой характеристики трактора

«При расчете тяговой характеристики трактора определяются для заданных значений коэффициент сцепления  $\varphi$  и коэффициент сопротивления качению, величины теоретической и действительной скорости ( $V_T, V_D$ ), касательной силы тяги и крюкового усилия ( $P_K, P_{кр}$ ), крюковой и тяговой мощности  $N_{кр}$ , удельного крюкового расхода топлива  $g_{кр}$  в функции оборотов дизеля на каждой передаче и значение тягового КПД при номинальной нагрузке дизеля.

Расчетные формулы имеют вид:

$$V_m = \frac{2\pi r_k n_e}{i_{mp}}, \quad (25)$$

$$V_o = V_m (1 - \delta),$$

где  $\delta$  – коэффициент буксования» [25].

При расчете коэффициента буксования использовались формулы, полученные путем аппроксимации усредненных опытных кривых буксования для различных агрофонов.

Для гусеничных тракторов:

$$\delta = 0,938y - 3,203y^2 + 2,86y^3 \text{ при } y > 0,5, \quad (26)$$

$$y = \frac{P_{кр}}{\lambda g m_3 \varphi}.$$

Касательная сила тяги определяется по формуле:

$$P_k = \frac{N_e}{2\pi n_e r_k} \eta_{mp} i_{mp}. \quad (27)$$

Сила сопротивления качению трактора определяется по формуле:

$$P_f = f g m_3. \quad (28)$$

Крюковое усилие определяется по формуле:

$$P_{кр} = P_k - P_f. \quad (29)$$

Крюковая мощность определяется по формуле:

$$N_{кр} = P_{кр} V_{\partial}. \quad (30)$$

Удельный крюковой расход топлива определяется по формуле:

$$g_{кр} = \frac{10^3 G_m}{N_{кр}}. \quad (31)$$

Тяговый КПД определяется по формуле:

$$\eta_m = \eta_{mp} \frac{P_{кр}}{P_\kappa} (1 - \delta), \quad (32)$$

$$V_m = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,37 \cdot 22,4}{36,471} = 1,42 \text{ м/с},$$

$$P_\kappa = \frac{130}{2 \cdot 3,14 \cdot 22,4 \cdot 0,37} \cdot 0,872 \cdot 36,471 = 79,4 \text{ кН},$$

$$P_f = 0,12 \cdot 9,81 \cdot 18429 = 17 \text{ кН},$$

$$P_{кр} = 79,4 - 17 = 62,4 \text{ кН},$$

$$y = \frac{68,1}{1 \cdot 9,81 \cdot 18429 \cdot 0,5} = 0,75,$$

$$\delta = 0,938 \cdot 0,75 - 3,203 \cdot 0,75^2 + 2,86 \cdot 0,75^3 = 0,12,$$

$$V_\delta = 1,42 \cdot (1 - 0,12) = 1,135 \text{ м/с},$$

$$N_{кр} = 62,4 \cdot 1,135 = 70,8 \text{ кВт},$$

$$g_{кр} = \frac{10^3 \cdot 18,4}{70,8} = 262,1 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч},$$

$$\eta_m = 0,885 \cdot \frac{68,7}{85,1} \cdot (1 - 0,12) = 0,63.$$

## 2.10 Построение тяговой характеристики трактора

Определив основные технико-экономические параметры двигателя и трактора в целом приступают к построению теоретической тяговой характеристики, которая позволяет получить наглядное представление о тяговых и топливо экономичных показателях трактора на различных

режимах его работы. Теоретическая тяговая характеристика состоит из двух частей - нижней и верхней. Нижняя часть графика имеет вспомогательное значение и служит для нанесения основных исходных параметров тракторного двигателя. В верхней части графика наносится ряд кривых, показывающих, как в заданных почвенных условиях, при установившемся движении на горизонтальном участке, в зависимости от нагрузки на крюке трактора изменяются его основные эксплуатационные показатели: буксование ведущих органов, скорость движения, тяговая мощность, удельный расход топлива и тяговый КПД трактора.

«Графическое построение теоретической тяговой характеристики трактора производится в такой последовательности.

Лист чертежной или миллиметровой бумаги формата А4 делится на две части: верхнюю и нижнюю. Затем посередине листа проводится ось абсцисс и от начала координат  $O'$  в принятом масштабе откладывается для каждой передачи максимальная касательная сила тяги, подсчитанная по формуле:

$$P_{k \max i} = \frac{M_{e \max} i_{m p i} \eta_{m p}}{r_k} = A_i M_{e \max}, \quad (33)$$

и номинальная

$$P_{k n} = \frac{M_{e n} i_{m p i} \eta_{m p}}{r_k} = A_i M_{e n}, \quad (34)$$

где  $M_{e \max}$  – максимальный крутящий момент двигателя, кНм;

$M_{e n}$  – крутящий момент двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала;

$i_{m p i}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{m p}$  – КПД трансмиссии;

$A_i$  – коэффициент пропорциональности для  $i$ -ой передачи» [25].

«С учетом того, что касательная сила тяги трактора прямо пропорциональна крутящему моменту двигателя, по оси абсцисс от точки  $O'$  для каждой заданной передачи в принятом масштабе наносятся крутящие моменты двигателя  $M_{e\max}$  и  $M_{e\ n}$  (соответственно касательным силам тяги  $P_{k\ \max}$  и  $P_{k\ n}$ ). Вправо по оси абсцисс от точки  $O'$  до точки  $O$  откладывается величина силы сопротивления качению  $P_f$ . Полученная точка  $O$  будет являться началом координат непосредственно тяговой характеристики трактора. По оси абсцисс в масштабе касательной силы от точки  $O$  отсчитывается сила тяги на крюке трактора, определяемая по формуле  $P_{кр}=P_k-P_f$ , а по оси ординат вверх для каждой передачи откладываются в своих масштабах тяговые показатели трактора в функции от усилия на крюке (буксование движителей, скорость движения, тяговая мощность на крюке, удельный расход топлива и тяговый КПД).

Затем по оси ординат вниз наносятся масштабные шкалы эффективной мощности, часового расхода топлива и частоты вращения коленчатого вала двигателя с таким расчетом, чтобы графики в регуляторной зоне не пересекались. Далее с учетом того, что для каждой передачи будет свой масштаб, по оси крутящего момента строится регуляторная характеристика двигателя в функции  $M_e$ . При этом образуются пучки кривых  $N_e$  с общим центром в точке  $O'$ , кривые  $G_m$  с общим центром в точке  $G_{mх}$  и пучок кривых  $n_e$  с общим центром в точке  $n_{ex}$  – соответствующие холостому ходу двигателя. Точки перегиба (вершины) кривых всех показателей регуляторной характеристики двигателя должны находиться на горизонтальной прямой и по вертикали соответствовать номинальным моментам двигателя. Нанесенные кривые на график регуляторной характеристики для каждой передачи должны заканчиваться при максимальных значениях крутящего момента» [25].

## 2.11 Анализ расчетных параметров трактора и тяговых характеристик трактора

Тип трактора: гусеничный.

Полученная величина буксования: при номинальной загрузке ДВС – 12;

Почвенный фон: осушенное болото.

В таблице 6 представлены основные показатели тяговой характеристики трактора.

Таблица 6 – Основные показатели тяговой характеристики трактора

Параметр	Режим работы	Значения на передачах					
		1	2	3	4	5	6
$N_{кр}$ , кВт	При номинальной загрузке ДВС	70,8	73,8	67,5	60,1	49,2	43,5
$P_{кр}$ , кН		62,4	47,6	35,5	25,7	17,7	14,3
$V_0$ , м/с		1,135	1,55	1,9	2,34	2,78	3,12
$\delta$ , %		12,0	3,0	2,7	2,0	1,4	1,2
$\eta_m$ , %		63	55	46	37	33	31
$g_{кр}$ , г/кВт·ч		262,1	249,3	272,6	306,2	343	374

«По мере роста тягового усилия трактора крюковая мощность пропорционально увеличивается от 0 до 86,1 кВт на первой передаче и 90,2 кВт на высшей (восьмой) передаче. Эти значения соответствуют 68,1 кН, то есть номинальному тяговому усилию для данного тягового класса трактора. Это усилие трактор должен развивать на стерне нормальной влажности и средней твёрдости 0,55 Мпа, при этом буксование движителей трактора не должно превышать 5%.

При увеличении тягового усилия свыше 68,7 кН мощность на крюке уменьшатся. В данном случае двигатель работает на перегрузочных режимах, частота вращения вала двигателя снижается и скорость движения трактора резко уменьшается. И хотя усилие на крюке растёт, но так как скорость

движения уменьшается более интенсивно, произведение  $P_{кр} \cdot V$  уменьшается, то есть уменьшается мощность на крюке.

Буксование движителей по мере роста медленно увеличивается, достигает при номинальном тяговом усилии 12%. Это превышает допустимое значение, равное 5%, что говорит о не достаточных хороших сцепных свойствах трактора. С ростом  $P_{кр}$  свыше номинально значение буксования быстро растёт из-за ухудшения тягово-сцепных свойств трактора и при значении 37 кН достигает 12%» [25].

«Часовой расход топлива по мере загрузки трактора увеличивается от 16,6 кг/ч на холостом ходу до 23,4 кг/ч при номинальной силе тяги на крюке. При дальнейшем увеличении  $P_{кр}$  расход топлива уменьшается до 15,9 кг/ч, так как уменьшается мощность на крюке до 68,1 кВт.

Удельный (крюковый) расход топлива по мере загрузки двигателя уменьшается от бесконечности на холостом ходу до 378,5 г/кВт·ч при номинальном тяговом усилии. С дальнейшим увеличением усилия на крюке удельный расход топлива возрастает до 511,9 г/кВт·ч из-за уменьшения мощности и перегрузочных режимов работы двигателя на корректорной ветви регуляторной характеристики» [25].

Максимальный тяговый КПД трактора может быть достигнут на I-II передачах.

Вывод по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт гусеничного трактора Т-130.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Исходные параметры для расчётов

В процессе работы проектируемым рабочим органом будут подниматься грузы различного типа и габаритов, как то железобетонные блоки и кольца, деревья, трубы, куски свай и т.п.

Основные геометрические размеры железо-бетонных изделий (рисунки 4-9):

– плиты перекрытий до 4 м;

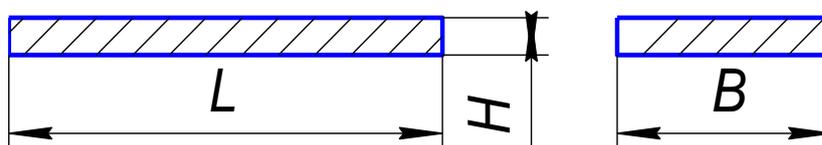


Рисунок 4 – Плита перекрытий до 4 м

В таблице 7 представлены геометрические размеры плит перекрытий до 4 м.

Таблица 7 – Геометрические размеры плит перекрытий до 4 м [23]

Наименование	Размеры, мм			Вес, кг
	$L$	$B$	$H$	
ПК-16-10-8	1580	990	220	490
ПК-20-12-8	1980	1190	220	730
ПК-21-12-8	2080	1190	220	800

– фундамент ленточный;

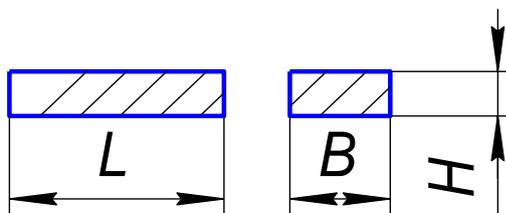


Рисунок 5 – Фундамент ленточный

В таблице 8 представлены геометрические размеры ленточного фундамента.

Таблица 8 – Геометрические размеры ленточного фундамента [23]

Наименование	Размеры, мм			Вес, кг
	$L$	$B$	$H$	
ФЛ-10-12-2	1180	1000	300	750
ФЛ-10-24-2	2380	1000	300	1380
ФЛ-14-24-2	2380	1400	300	1900

– кольца;

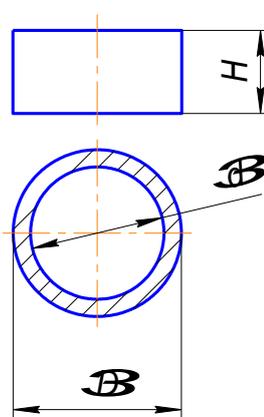


Рисунок 6 – Кольца

В таблице 9 представлены геометрические размеры колец.

Таблица 9 – Геометрические размеры колец [23]

Наименование	Размеры, мм			Вес, кг
	$H$	$d$	$D$	
ПП-15-1	150	700	1680	680
К-10-10	1000	1000	1160	828
К-15-10	1000	1500	1160	1462

– лотки и плиты теплотрасс;

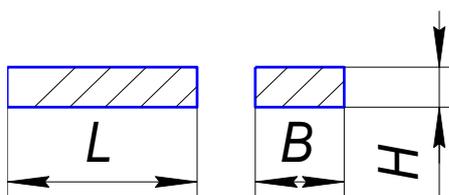


Рисунок 7 – Лотки теплотрасс

В таблице 10 представлены геометрические размеры лотков теплотрасс.

Таблица 10 – Геометрические размеры лотков теплотрасс

Наименование	Размеры, мм			Вес, кг
	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	
Л-11-8/2	2970	1480	700	1800
Л-3-8	5970	780	380	1500
Л-4-8/2	2970	780	530	900

– блоки фундаментные;

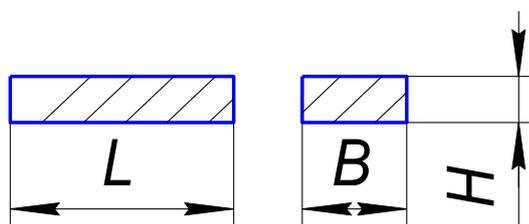


Рисунок 8 – Блоки фундаментные

В таблице 11 представлены геометрические размеры фундаментных блоков.

Таблица 11 – Геометрические размеры фундаментных блоков [23]

Наименование	Размеры, мм			Вес, кг
	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	
ФБС-12-4-6	1200	400	600	640
ФБС-12-5-3	1180	600	280	380
ФБС-12-5-6	1200	500	600	794

Основные геометрические размеры труб:

– трубы бесшовные горячекатаные ГОСТ 8732-78.

В таблице 12 представлены основные геометрические размеры труб бесшовных горячекатаных ГОСТ 8732-78.

Таблица 12 – Основные геометрические размеры труб бесшовных горячекатаных ГОСТ 8732-78 [23]

Размер, мм	Вес пм, кг
245×14	79,75
273×16	101,40
325×12	92,63
325×22	62,54
426×12	122,51

– трубы электросварные ГОСТ 10704, 10706, 20295;

В таблице 13 представлены основные геометрические размеры труб электросварных ГОСТ 10704, 10706, 20295.

Таблица 13 – Основные геометрические размеры труб электросварных ГОСТ 10704, 10706, 20295 [23]

Размер, мм	Вес пм, кг
630×8	123,94
720×9	159,93
820×10	201,76
1020×12	298,30
1220×12	357,50

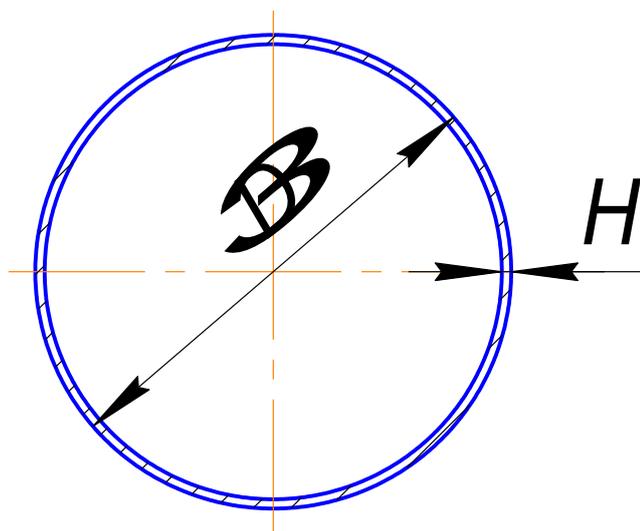


Рисунок 9 – Труба

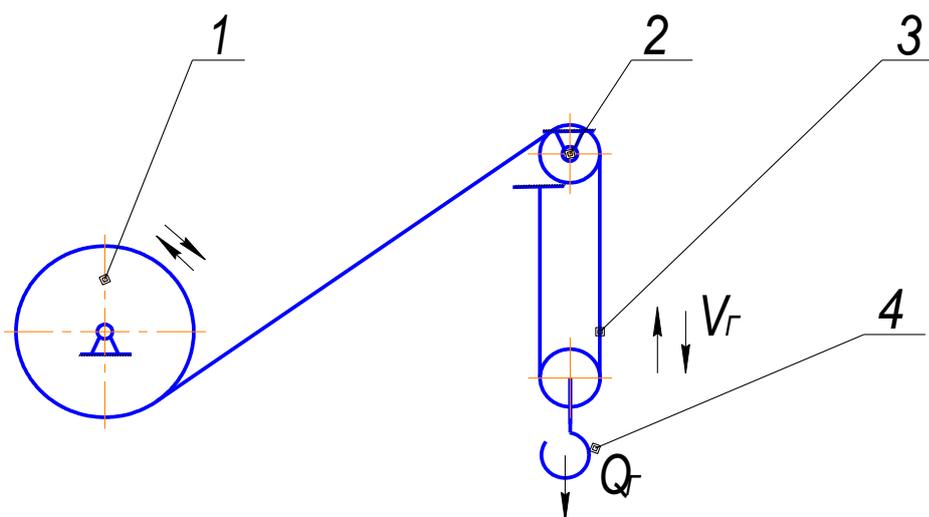
Из рассмотренных примеров можно установить, что максимальный вес грузов не будет превышать  $Q = 2000$  кг, принимаем  $Q = 20$  кН.

Определяем вылет стрелы.

В результате анализа имеющихся данных основных геометрических параметров следует, что наибольшая ширина груза не будет превышать 1500 мм. Принимаем  $L = 1800$  мм.

- высота подъёма груза  $H = 3,1$  м;
- глубина опускания груза  $H_1 = 5$  м;
- скорость подъёма груза  $V_{sp} = 6,5$  м/мин [6];
- класс использования механизма А2;
- группа режима работы МПГ 4М;
- класс нагружения механизма В2;
- коэффициент нагружения  $K = 0,25$ ;
- класс использования С2;
- коэффициент использования механизма в течении года  $K_z = 0,3$ ;
- коэффициент использования механизма за сутки  $K_c = 0,33$ ;
- средняя относительная продолжительность цикла механизма ПВ = 25%.

Выполняем проектный расчёт механизма подъёма груза. Для этого составляем схему механизма подъёма груза (рисунок 10).



1 – грузовой барабан; 2 – блок; 3 – канат; 4 – крюковая подвеска

Рисунок 10 – Схема механизма подъёма груза

Определяем максимальное натяжение каната.

Максимальное натяжение имеет место в точке набегания каната на барабан [6].

$$S_{\max} = \frac{Q + q}{\alpha m \eta}, \quad (35)$$

где  $S_{\max}$  – максимальное натяжение каната при набегании его на грузовой барабан, кН;

$q$  – вес крюковой подвески;

$m$  – число ветвей каната, набегающих на барабан, принимается равным 1;

$\alpha$  – кратность полиспаста, принимается равной 2;

$\eta$  – КПД полиспаста [10].

$$\eta = \frac{(1 - \eta_{\text{бл}}^2) \cdot \eta_{\text{бл}}^T}{\alpha \cdot (1 - \eta_{\text{бл}})} = \frac{(1 - 0,98^2) \cdot 0,98}{2 \cdot (1 - 0,98)} = 0,9702, \quad (36)$$

где  $T$  – число отклоняющих блоков, принимается равным 1;

$\eta_{\text{бл}}$  – КПД блока и согласно [10] принимаем равным 0,98.

Масса крюковой подвески:

$$q = (0,02 \div 0,05) Q, \quad (37)$$

$$q = (0,02 \div 0,05) \cdot 20 = 0,4 \text{ кН.}$$

$$S_{\max} = \frac{20 + 0,4}{2 \cdot 1 \cdot 0,9702} = 10,5 \text{ кН.}$$

Определяем требуемую разрывную нагрузку.

По правилам ГОСТЕХНАДЗОРА канат выбирают по требуемой разрывной нагрузке:

$$S_{\max} K < S_{\text{раз}}, \quad (38)$$

где  $S_{\text{раз}}$  – разрывное усилие каната в целом по данным таблиц ГОСТов, кН;

$K$  – нормированный коэффициент запаса прочности. Согласно [2] для группы режима работы механизма подъема груза 4М принимается равным 5,5

$$S_{\text{раз}} = 10,5 \cdot 5,5 = 57,75 \text{ кН.}$$

Выполняем подбор каната.

Согласно [6] принимаем стальной канат типа ЛК-0-6х19(1+9+9)+1 о.с. по ГОСТ 3081-80 диаметр  $d_k = 15$  мм (рисунок 11), для которого расчетное разрывное усилие составляет 60,75 кН.

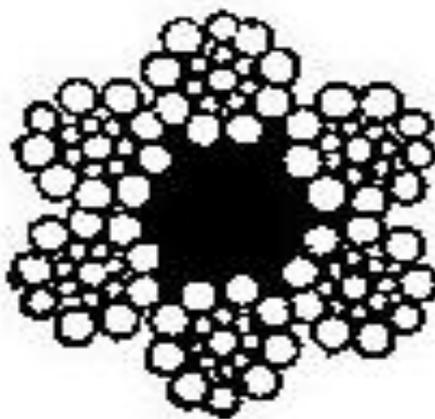


Рисунок 11 – Сечение каната

Определяем фактический коэффициент запаса прочности:

$$K_{\phi} = \frac{S_{\text{раз}}}{S_{\max}} = 5,78 > 5,5. \quad (39)$$

Определяем диаметр барабана.

Применяем многослойную навивку – система Le-Bus (рисунок 12).

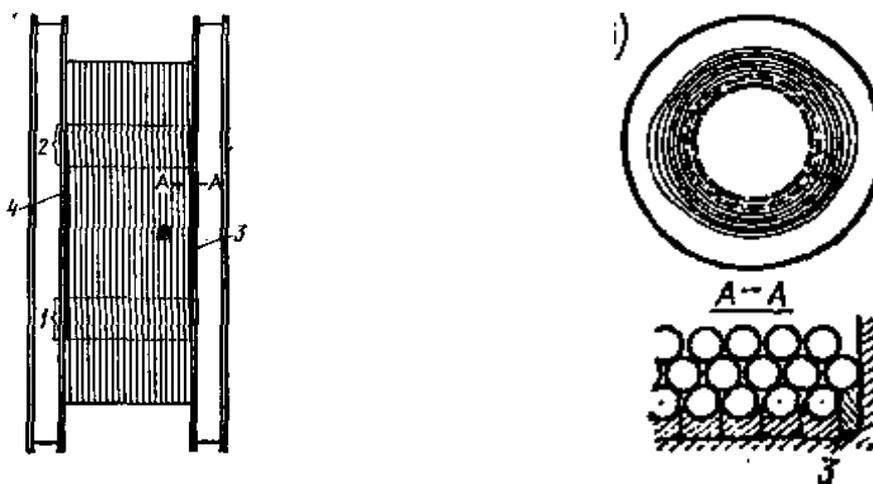
Диаметр барабана определяется исходя из обеспечения требуемой долговечности каната. Согласно [6]:

$$D_{\sigma} = d_k h, \quad (40)$$

где  $d_k$  – диаметр стального каната, мм;

$h$  – нормативный коэффициент зависящий от типа ГПМ и группы режима работы МПГ, принимается равным 16.

$$D_{\sigma} = 15 \cdot 16 = 240 \text{ мм.}$$



1, 2 – участки барабана; 3, 4 – направляющие устройства

Рисунок 12 – Схема многослойной навивки каната Le-Bus

«При большой скорости движения каната возникают вибрации барабана и каната. Чтобы устранить это нежелательное явление, разработана новая система нарезки канавок на барабанах для многослойной навивки (система Le-Bus), обеспечивающая плавный переход каната с одного ряда на другой и предотвращение зажимания каната между уже намотанными витками (это уменьшает износ каната и увеличивает канатоемкость барабана).

При намотке каната по этой системе окружность барабана делится на

четыре участка. На двух противоположных участках (составляющих 70 – 80% длины окружности) канавки, нарезанные на обечайке барабана, идут параллельно фланцам барабана и только на двух участках 1 и 2 они располагаются по винтовой линии, причем осевое смещение винтовой нарезки на каждом из этих участков равно половине диаметра каната. На этих участках канат и перемещается на весь шаг намотки. На параллельных же участках нарезки подача каната в направлении оси барабана отсутствует. Для правильного направления каната при начале укладки первого слоя и для обеспечения необходимого перехода каната в начале навивки второго слоя у обоих фланцев барабана предусмотрены специальные направляющие устройства 3 и 4. Последующие ряды каната укладываются автоматически. Благодаря наличию двух винтовых участков витки смежных слоев навивки скрещиваются в двух противоположно расположенных участках окружности, что обеспечивает симметричность навивки. Для качественной укладки угол отклонения канатов при навивке не должен превышать  $1,25 \dots 1,75^\circ$  [28].

При многослойной навивке каната, размеры канавок можно определить по [7]: для  $d_k = 15$  мм рекомендуются следующие параметры:  $R = 8,5$  мм;  $t = 18$  мм;  $h = 5$  мм.

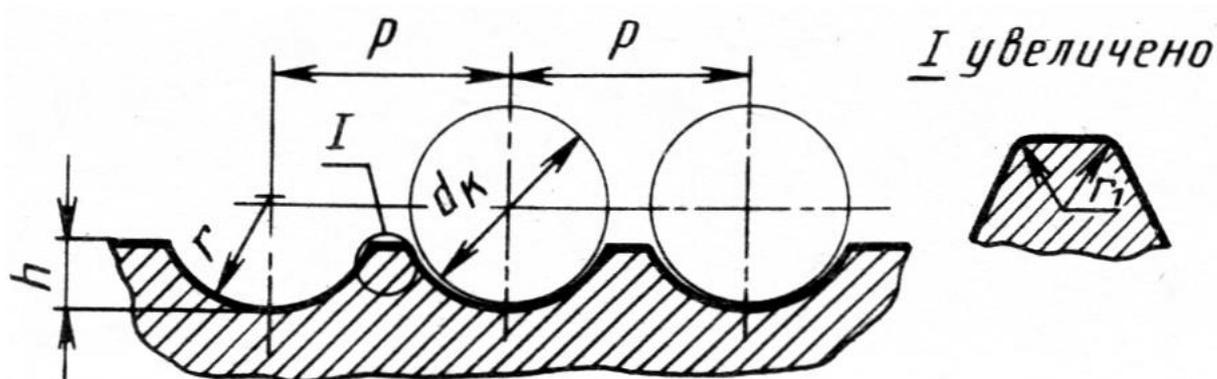


Рисунок 13 – Схема барабана

Определение требуемой длины каната:

$$L_k = Ha + \pi D_1 (W_1 + W_2), \quad (41)$$

где  $D_1$  – диаметр барабана по центрам каната, принимается равным 265мм;

$W_1$  – число неприкосновенных витков каната на барабанае, принимается равным 2;

$W_2$  – число витков каната, находящихся под узлом крепления каната на барабанае, принимается равным 3 [17].

$$L_k = 8,1 \cdot 2 + 3,14 \cdot 0,265 \cdot (2 + 3) = 20,4 \text{ м.}$$

Определение рабочей длины барабана.

Для барабана на внешней поверхности симметрично нарезаются винтовые канавки правого направления.

$$L_{\phi} = \frac{L_k d_k}{\pi m (m d_k + D) \phi}, \quad (42)$$

где  $m$  – число слоёв навивки каната на барабан, принимаем равным 2;

$\phi$  – коэффициент неплотности навивки для барабанов, принимаем равным 0,93.

$$L_{\phi} = \frac{20,4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 0,015 + 0,25) \cdot 0,93} = 0,31 \text{ м.}$$

$\frac{L_{\phi}}{D} = \frac{310}{250} = 1,24$  – данное расчётное значение входит в заданный интервал (0,5...3).

Определение расчётного диаметра барабана.

$$D_{расч} = D + d_k (2m - 1), \quad (43)$$

$$D_{расч} = D + d_k (2m - 1) = 0,25 + 0,015(2 \cdot 1 - 1) = 0,265 \text{ м.}$$

Определение толщины стенки барабана

$$\delta = 0,02D_{\sigma} + (6 - 10), \quad (44)$$

$$\delta = 0,02 \cdot 0,265 + 10 \approx 10 \text{ мм.}$$

Выбор и расчёт крепления каната на барабане.

Наиболее надёжным является крепление каната на барабане – накладка с трапециидальной канавкой.

Принимаем одноболтовое крепление (по правилам Госгортехнадзора число одноболтовых накладок должно быть не менее 2).

Согласно [7] принимаем одноболтовые накладки (рисунок 14) и число этих накладок не менее 2-х в каждом креплении.

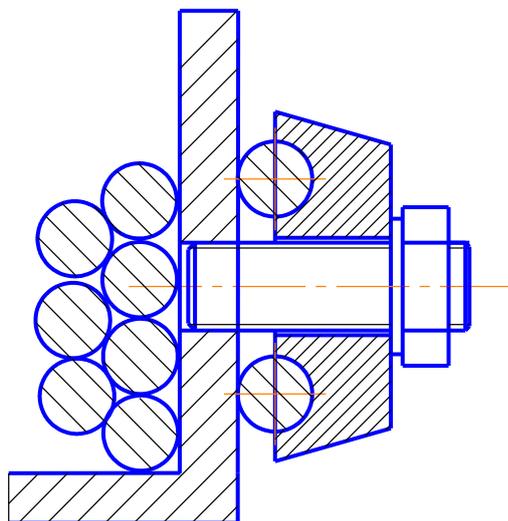


Рисунок 14 – Схема крепления каната на барабане

Определение усилия выдергивающего каната из-под планки

Используя соотношение Эйлера между усилиями в набегающей и

сбегающей ветвях каната.

$$S_{кр} = \frac{S_{\max}}{e^{\mu\alpha}}, \quad (45)$$

где  $\alpha$  – угол обхвата барабана неприкосновенными витками, принимается равным  $\alpha = 4\pi$  ;  
 $\mu$  – коэффициент трения между канатом и барабаном, согласно [7] принимаем равным 0,13.

$$S_{кр} = \frac{10,5}{2,7^{0,13 \cdot 4 \cdot 3,14}} = 2,1 \text{ кН.}$$

Определение необходимой силы прижатия накладки к барабану.

Канат выдергивается из-под планки. Канат удерживается за счет  $F_{тр}$  между прижимной планки и канатом, и между канатом и телом барабана.

В теле болта возникают напряжения растяжения, кручения, изгиба.

$$F = \frac{S_{кр}}{Z \cdot (\mu + \mu_1) \cdot (e^{\mu\alpha} + 1)}, \quad (46)$$

где  $Z$  – число накладок в одном креплении, принимается равным 2;

$\mu_1$  – приведенный коэффициент трения между накладкой и канатом (при трапецеидальной форме канавки  $\mu/\sin 40^\circ$ , где  $\mu$  равно 0,13.

$$\mu_1 = \frac{0,13}{\sin 40^\circ} = 0,202,$$

где  $\alpha_1$  – угол обхвата витками крепления каната  $2\pi - 1$  виток:

$$\alpha_1 = 2\pi \text{ рад}, \quad (47)$$

$$\alpha_1 = 2\pi \text{ рад} = 6,28 \text{ рад.}$$

$$F = \frac{2,7}{(2(0,13 + 0,202) \cdot (2,7^{0,13 \cdot 6,28} + 1))} = 1,25 \text{ кН.}$$

Определение суммарных напряжений в теле болта

Согласно [6, 7] болт находится в сложном напряженном состоянии.

Суммарные напряжения:

$$\sigma_{\text{сум}} = \frac{1,3KF}{A + \frac{kM_u}{W_u}}, \quad (48)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения в опасном сечении болта;

$K$  – коэффициент запаса прочности, согласно [6]  $K = 1,5$ ;  $1,3$  – коэффициент учитывающий наличие напряжений кручения [6];

$M_u$  – Загибающий момент в опасном сечении;

$W_u$  – Момент сопротивления изгибу в опасном сечении.

Растягивающее усилие.

По рекомендации [6] для  $d_k$  равной 15 мм возможно использовать болт с резьбой М16, для которого  $d_{\text{вн}}$  равно 13,835 мм по данным [13].

$M_u$  определяется произведением силы трения опорной поверхности силами болта на расстояние этой поверхности силами болта на расстояние этой поверхности до опасного сечения.

$$M_u = F \cdot \mu \cdot h_1, \quad (49)$$

$$W_u = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (50)$$

$$\sigma_{\text{сум}} = \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 10^3}{(3,14 + 13,835^2) + \frac{(1,5 \cdot 27 \cdot 0,13 \cdot 3 \cdot 10^3)}{0,1 \cdot 13,835^3}} = 38,9 + 59,65 \text{ Н/мм}^2.$$

Выбор материала для изготовления винта и определение допускаемых напряжений.

Принимаем согласно [3] для изготовления винта Сталь 25 ГОСТ 980-

65:  $\sigma_{\dot{A}} = 500 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{\dot{O}} = 300 \text{ Н/мм}^2$ .

Согласно [6]  $\sigma_T / [n]$ , где  $[n]$  равно 2,5 – допускаемый запас прочности [7]  $\rightarrow [\sigma] = 300/2,5 = 120 \text{ Н/мм}^2$ .

Проверка соблюдением условия прочности винта:  $\sigma_{\text{сум}} \leq [\sigma] - 98,58 < 120 \text{ Н/мм}^2$ .

Условие прочности соблюдается.

Выбор элементов механизма подъема и расчет их параметров.

Момент на валу барабана:

$$T_{\dot{o}} = \frac{S_{\text{max}} D_{\dot{o}}}{2}, \quad (51)$$

$$T_{\dot{o}} = \frac{29,47 \cdot 0,265}{2} = 1,4 \text{ кНм.}$$

Определение потребной мощности двигателя при установившемся движении груза:

$$P_{\text{нотр}} = \frac{(Q + q)V_{\text{сп}}}{60\eta_m}, \quad (52)$$

где  $\eta_m$  – КПД механизма подъема груза;

$\eta_{\text{бар}}$  – КПД барабана, принимается равным 0,97;

$\eta_n$  – КПД полиспаста, принимается равным 0,95 [24].

$$\eta_m = 0,97 \cdot 0,95 = 0,92,$$

$$P_{\text{нотр}} = \frac{(20 + 0,4) \cdot 6,5}{60 \cdot 0,92} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Выбор крюковой подвески.

Для применяемой схемы подвеса груза применяем крюковую подвеску

по ОСТ 2419108-81 г.п. 3,2 Мг массой 32 кг.

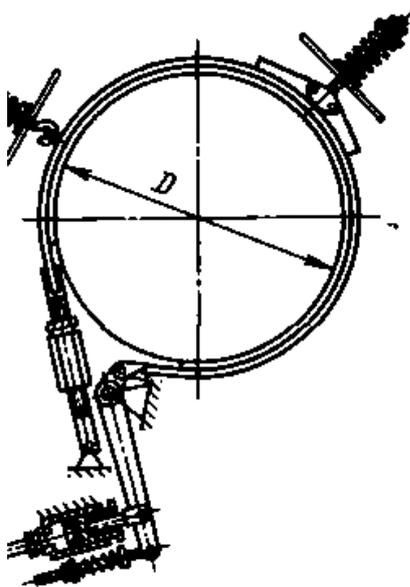
Расчёт суммирующего ленточного тормоза.

Суммирующий ленточный тормоз применяется в тех механизмах, где требуется постоянный тормозной момент в прямом и обратном направлении вращения вала барабана.

Расчёт ведём по методике [16].

Принимаем тормоз ТЛ-1-150 [22] (рисунок 15), у которого:

- диаметр тормозного шкива  $D_T=150$  мм [2];
- угол охвата шкива лентой  $\alpha = 280^\circ = 4,9$  рад;
- тормозная лента - вальцованная по ГОСТ 1198-69 ширина  $b_{л}=40$  мм, толщина  $b_{л} = 7$  мм.



1 – шкив; 2 – тормозная лента; 3 – рычаг; 4 – гидротолкатель; 5 – пружина

Рисунок 15 – Тормоз ленточный ТЛ-1-15

Суммирующий ленточный тормоз состоит из тормозного шкива, тормозной ленты прикреплённой к тормозному рычагу с одной стороны от оси его вращения, системы рычагов и тормозной пружины. Привод тормоза осуществляется гидротолкателем. Управление тормозом осуществляется из

кабины машинистом.

Чтобы зафиксировать груз на необходимой высоте машинисту необходимо нажать на педаль привода тормоза и шток гидротолкателя 4 переместит рычаг 3 вправо, преодолевая усилие пружины 5, что приведёт к замыканию тормоза. Тормозной шкив остановится. Чтобы разомкнуть тормоз машинисту необходимо отпустить педаль и тормозная лента под действием пружины отойдёт на необходимое расстояние, обеспечивающее свободное вращение тормозного шкива.

Требуемое усилие тормозной пружины:

$$S_{\min} = \frac{2T_6}{D_T (e^{fa} - 1)}, \quad (53)$$

где  $f$  – коэффициент трения при случайном попадании смазки, принимается равным 0,42.

$$S_{\min} = \frac{2 \cdot 1,4}{0,15 \cdot (2,7^{0,42 \cdot 4,9} - 1)} = 2,8 \text{ кН.}$$

Максимальное усилие в закреплении второго конца ленты:

$$S_{\max} = S_{\min} \cdot e^{fa}, \quad (54)$$

$$S_{\max} = 2,8 \cdot 2,7^{0,42 \cdot 4,9} = 21,62 \text{ кН.}$$

Среднее усилие:

$$S = 0,5(S_{\max} + S_{\min}), \quad (55)$$

$$S = 0,5 \cdot (2,8 + 21,62) = 12,21 \text{ кН.}$$

Среднее давление на поверхности тормозной ленты:

$$P = \frac{2S}{D_T \delta_n}, \quad (56)$$

где  $[p]$  – допускаемое давление [13].

$$P = \frac{2 \cdot 12,21 \cdot 10^3}{0,150 \cdot 0,4} = 1,15 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$p \leq [p] = 1,15 \leq [1,2].$$

Нормальная работа тормоза обеспечена.

Максимальное усилие пружины:

$$F_2 = (1,1 - 1,2) F_1, \quad (57)$$

где  $F_1$  – усилие пружины необходимое для создания требуемого тормозного момента [17].

$$F_2 = 1,15 \cdot 8 = 9,2 \text{ кН.}$$

Для обеспечения минимального зазора  $\varepsilon$  равным 1,75 мм [6] требуется рабочий ход пружины:

$$h_p = 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon, \quad (58)$$

$$h_p = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,75 = 11 \text{ мм.}$$

Жесткость пружины:

$$C_n = \frac{F_2 - F_1}{h_p}, \quad (59)$$

$$C_n = \frac{9,2-8}{11} = 0,11 \text{ кН/мм.}$$

Установочная деформация пружины:

$$\lambda = \frac{F_1}{C_n}, \quad (60)$$

$$\lambda = \frac{8}{0,11} = 72,7 \text{ мм.}$$

Предельная деформация пружины до соприкосновения витков:

$$\lambda_{пред} = \lambda_{уст} + h_p, \quad (61)$$

$$\lambda_{пред} = 72,7 + 11 + 5 = 88,7 \text{ мм.}$$

Предельное усилие пружины:

$$F_3 = C_n \cdot \lambda_{пред}, \quad (62)$$

$$F_3 = 0,11 \cdot 88,7 = 9,76 \text{ кН.}$$

Для изготовления пружины принимаем проволоку из стали 60С2ВА, допускаемое максимальное касательное напряжение  $\tau_{\max}$  равно 1350 МПа. Принимаем индекс пружины  $C$  равным 4. Коэффициент учитывающий кривизну витков  $K_c$  при  $C$  равно 4 принимается равным 1,37 [10].

Требуемый диаметр проволоки:

$$d = 1,16 \sqrt{\frac{k_c F_3 C}{\tau_{\max}}}, \quad (63)$$

$$d = 1,16 \sqrt{\frac{1,37 \cdot 9,76 \cdot 4 \cdot 10^3}{1350 \cdot 10^6}} = 0,0073 \text{ м.}$$

Принимаем стандартный диаметр проволоки [17]  $d$  равный 8 мм.

Жёсткость одного витка:

$$C_1 = \frac{Gd}{8c^3}, \quad (64)$$

где  $G$  – модуль упругости стали [14], принимается равным 80000 Па.

$$C_1 = \frac{80000 \cdot 0,008}{8 \cdot 4^3} = 1,25 \text{ Н/м.}$$

Число рабочих витков:

$$Z_p = \frac{C_1}{C_n}, \quad (65)$$

$$Z_p = \frac{1,25}{0,11} = 11,36.$$

Принимаем число рабочих витков равным 12, число опорных витков равное 2.

Высота пружины при максимальной деформации:

$$H_3 = (Z_p + 1 - Z_{on})d, \quad (66)$$

$$H_3 = (12 + 1 - 2) \cdot 8 = 88 \text{ мм.}$$

Высота пружины в свободном состоянии:

$$H_0 = H_3 + \lambda_{пред}, \quad (67)$$

$$H_0 = 88 + 88,7 = 176,7 \text{ мм.}$$

Установочная высота пружины:

$$H_1 = H_0 - \lambda_{уст}, \quad (68)$$

$$H_1 = 176,7 - 72,7 = 104 \text{ мм.}$$

Средний диаметр пружины:

$$D_0 = dc, \quad (69)$$

$$D_0 = 8 \cdot 4 = 32 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр пружины:

$$D = D_0 + d, \quad (70)$$

$$D = 32 + 8 = 40 \text{ мм.}$$

Характеристика пружины: основные размеры пружины:  $D_n=40$  мм;  $D_6=24$  мм;  $H_0=176$  мм;  $H_1=104$  мм;  $H_3=88$  мм;  $t=11$  мм;  $d=8$  мм;  $F_2=8$  кН;  $F_3=9,76$  мм; число витков (рабочих/всего) 12/14.

### 3.2 Проектирование металлоконструкции стрелы

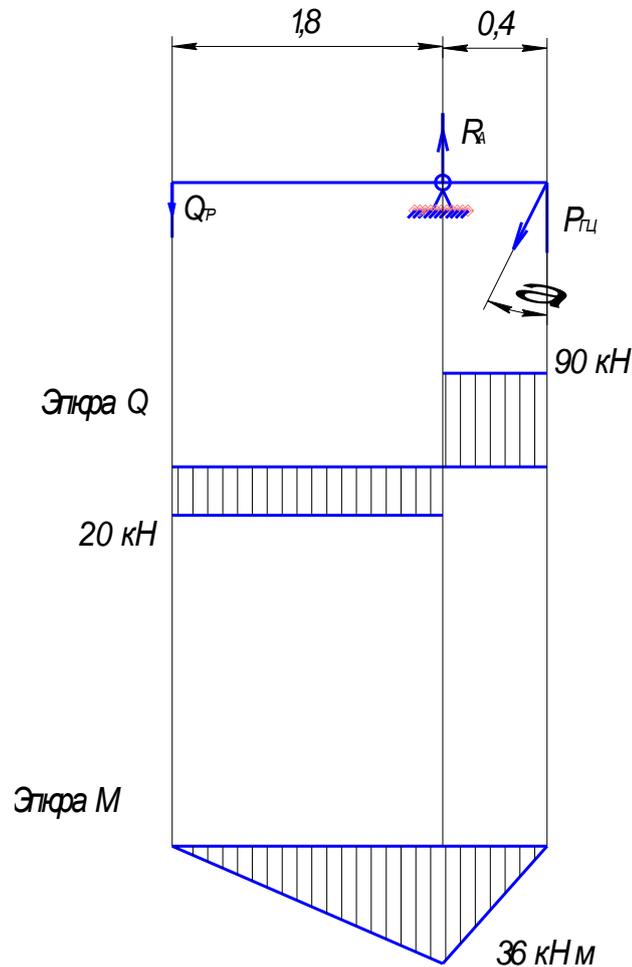
Определение усилий.

Рассмотрим два критических варианта положения стрелы: горизонтальное и наклонное (соответствует наибольшему углу подъёма), так как в этих положениях действуют максимальные нагрузки.

1 положение.

Для определения размеров поперечного сечения стрелы в опасном

сечении построим эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов (рисунки 16, 17).



$Q_z$  – вес груза, принимается равным 20 кН;  $P_{гц}$  – усилие на штоке гидроцилиндра;  $R_a$  – реакция опоры;  $\alpha$  – угол наклона гидроцилиндра, принимается равным  $20^\circ$ .

Рисунок 16 – Эпюры перерезывающей силы и изгибающего момента для первого положения

$$\sum M_a = 1,8G_z - 0,4P_{гц} \cos 20^\circ = 0. \quad (71)$$

$$P_{гц} = \frac{20000 \cdot 1,8}{0,4 \cdot \cos 20^\circ} = 95,7 \text{ кН.}$$

2 положение.

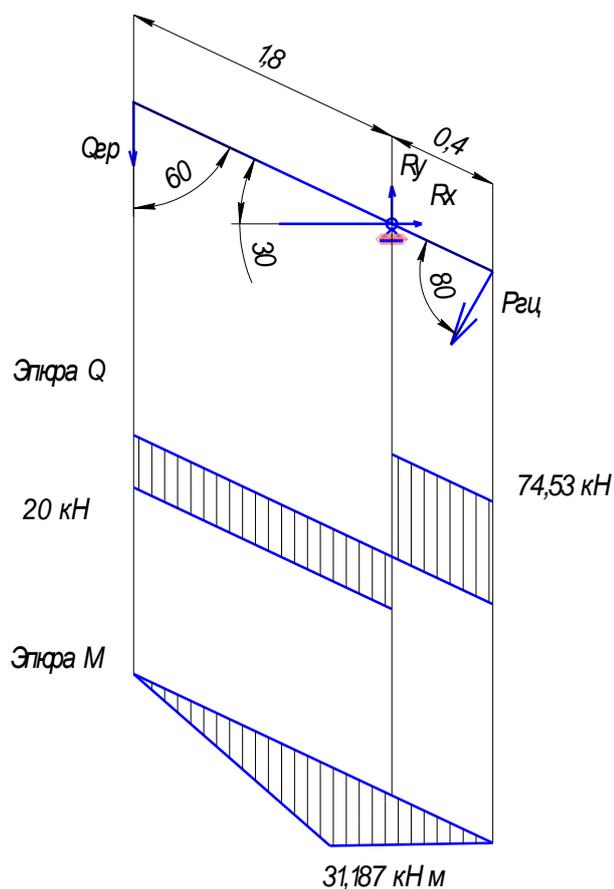


Рисунок 17 – Эпюры перерезывающей силы и изгибающего момента для второго положения

$$\sum M_a = 1,8G_z \cos 30^\circ - 0,4P_{сц} \cos 10^\circ = 0. \quad (72)$$

$$P_{сц} = \frac{1,8G_z \cos 30^\circ}{0,4 \cos 10^\circ} = \frac{20000 \cdot 1,8 \cos 30^\circ}{0,4 \cos 10^\circ} = 79,145 \text{ кН.}$$

Подбор сечения стрелы:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_z x_{\max}}{I_z} + \frac{M_x z_{\max}}{I_x} \leq [\sigma], \quad (73)$$

где  $[\sigma] = \sigma_s / k$ ;  $\sigma_s = 370$  МПа для Стали 3 [10];

$k$  – коэффициент запаса прочности, принимается равным 1,4 [10];

$F$  – площадь сечения профиля [10], принимается равной 41,9 м<sup>2</sup>;

$I_x$  – момент инерции сечения [10], принимается равным 13,30 · 10<sup>6</sup> см<sup>4</sup>.

$$[\sigma] = \frac{370}{1,4} = 264 \text{ МПа.}$$

Для расчёта используем максимальную перерезывающую силу и изгибающий момент.

В качестве сечения стрелы выбираем гнуто-сварной профиль квадратного коробчатого сечения по ГОСТ 25577-83 [10] (рисунок 18).  
Материал профиля – Сталь 3.

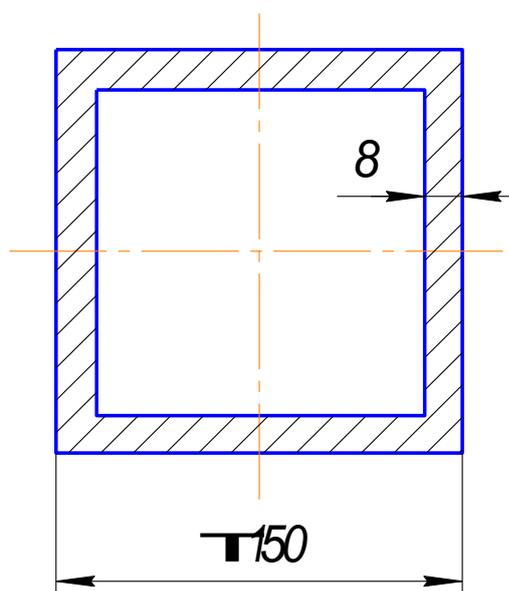


Рисунок 18 – Схема сечения

Проверка сечения:

$$\sigma = \frac{90000}{41,9 \cdot 10^{-4}} + \frac{36000 \cdot 0,08}{13,3 \cdot 10^{-6}} = 21,5 + 230 = 251,5 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

$251,5 \leq 260$  – условие прочности выполняется.

Принимаем в качестве сечения стрелы гнуто-сварной профиль квадратного коробчатого сечения по ГОСТ 25577-83 размером  $150 \times 150 \times 8$ .

### 3.3 Определение производительности

Расчётно-конструктивная производительность:

$$P_p = \frac{3600Q}{T_u}, \quad (74)$$

где  $Q$  – грузоподъёмность крана, кг;

$T_u$  – время цикла, с.

$$T_u = \sum t_m + t_3 + t_y + t_6 m, \quad (75)$$

где  $\sum t_m$  – суммарное время машинных операций (работы крана), с;

$t_3$  – время подвешивания и снятия грузов, с;

$y$  – время наводки груза при его установке в заданное место, с;

$t_6$  – время на каждую вспомогательную машинную операцию, с;

$m$  – число машинных операций (подъём, спуск).

Согласно рекомендаций в [6, 7] для передвижных автомобильных и гусеничных кранов:  $\sum t_m = 80$  с,  $t_3 = 10$  с,  $t_y = 20$  с,  $t_6 = 5$  с.

$$T_u = 80 + 10 + 20 + 5 \times 2 = 120 \text{ с.}$$

$$P_p = \frac{3600 \cdot 2000}{120} = 60000 \text{ кг/ч.}$$

Техническая производительность:

$$P_T = \frac{3600 \cdot Q \cdot K_u}{T_u} = n \cdot Q_{cp}, \quad (76)$$

где  $K_u$  – коэффициент использования грузоподъёмности, принимается равным 0,3;

$n$  – число циклов в час;

$Q_{cp}$  – средняя масса поднимаемого груза, принимается равной 1500 кг.

$$P_T = 40 \cdot 1500 = 60000 \text{ кг/ч.}$$

### 3.4 Расчёт на устойчивость проектируемого бульдозера с механизмом подъёма груза

Расчёт на устойчивость выполняем при максимальном вылете стрелы (рисунок 19).

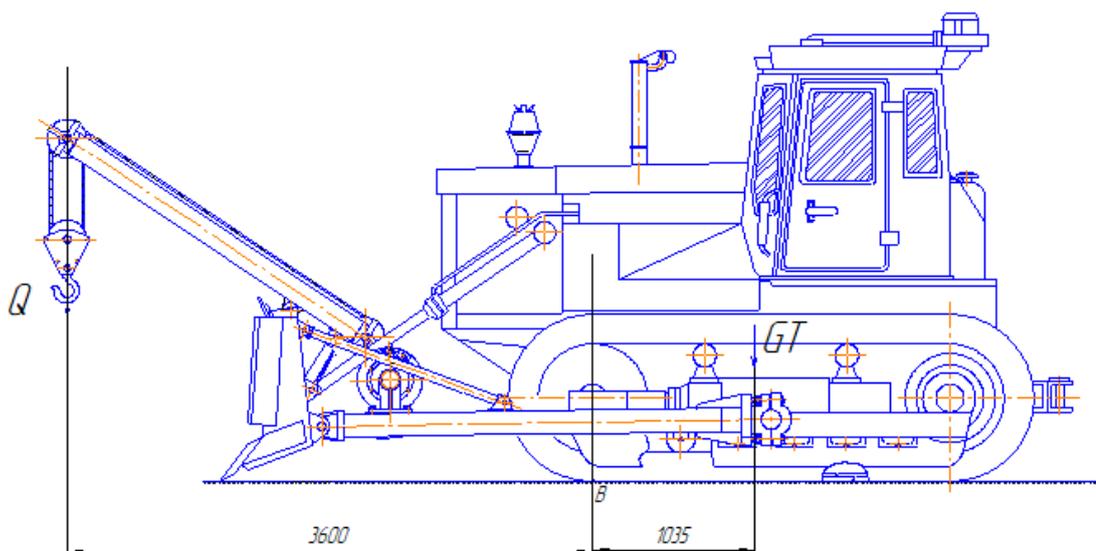


Рисунок 19 – Расчётная схема при расчёте на устойчивость

Коэффициент грузовой устойчивости по правилам Госгортехнадзора определяется:

$$K = \frac{M_{y0}}{M_z} \geq 1,4, \quad (77)$$

где  $M_{y0}$  – момент удерживающих сил относительно ребра опрокидывания.

$$M_{yo} = Gb, \quad (78)$$

где  $G$  – вес трактора, принимается равным 165,11 кН;

$b$  – расстояние от ребра опрокидывания до центра тяжести, принимается равным 1,035 м;

$M_z$  – опрокидывающий момент от груза.

$$M_z = Q \cdot a, \quad (79)$$

где  $Q$  – максимальная грузоподъемность, принимается равной 20 кН;

$a$  – расстояние от ребра опрокидывания до линии действия силы тяжести груза, принимается равным 3,6 м;

$B$  – ребро опрокидывания.

$$K = \frac{165,11 \cdot 1,035}{20 \cdot 3,600} = 2,37 \geq 1,4.$$

Устойчивость проектируемой строительно-дорожной машины обеспечивается.

### 3.5 Выбор места установки механизма подъема груза

Рассмотрим три возможных варианта установки МПГ на отвале (рисунок 20):

- на левом крае отвала перпендикулярно продольной оси трактора;
- на левом крае параллельно продольной оси трактора;
- посередине отвала параллельно продольной оси трактора.

При первом расположении МПГ происходит неравномерное распределение нагрузки на бульдозерном оборудовании, возникают перекосы. При транспортировке длинномерного груза отсутствует упор, произойдет его раскачивание и, он будет соприкасаться с толкающим брусом отвала, механизмом передвижения трактора или кабиной. При подъеме груза

на максимальную высоту, возможно, произойдет потеря устойчивости, при этом потребуются установка дополнительных противовесов на противоположенной стороне трактора. При этом расположении машинист может непосредственно наблюдать за подъёмом и опусканием груза, что повышает технику безопасности при выполнении работ.

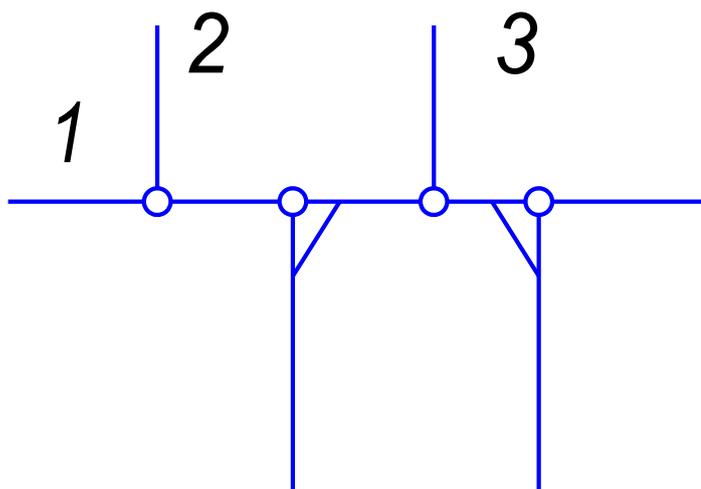


Рисунок 20 – Схема вариантов установки МПГ

При втором расположении будут иметь место все те же недостатки, что и при первом, а также машинист не сможет из кабины наблюдать за расположением груза, так как ему будет мешать отвал.

При третьем расположении единственным недостатком будет отсутствие обзора при работе с грузом. Положительными сторонами будет равномерность распределения нагрузки на оборудование, удобство транспортировки (груз можно опереть на отвал, отсутствует раскачивание), устойчивость машины не нарушается.

Проанализировав все преимущества и недостатки расположения механизма подъема груза можно сделать вывод, что наиболее целесообразно расположить МПГ посередине отвала.

Принимаем за основу третий вариант установки МПГ.

### 3.6 Выбор, расчет и оптимизация параметров гидропривода

Универсальная отдельно-агрегатная гидравлическая система служит для управления навесными, полунавесными и прицепными орудиями, работающими в агрегате с трактором. Она состоит из привода с гидронасосом НШ-100А-3Л, гидрораспределителя Р160, двух гидробаков, соединённых между собой трубопроводами. Гидронасос по гидролинии высокого давления подаёт рабочую жидкость из гидробаков к гидрораспределителю и от него к гидроцилиндрам.

Определение диаметра гидроцилиндра подъёма стрелы

$$d_u = \sqrt{\frac{4S}{\pi p_p}}, \quad (80)$$
$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot (20 + 0,4) \cdot 10^3}{3,14 \cdot 13600000}} = 0,044 \text{ м} = 44 \text{ мм.}$$

С учетом гидравлических потерь от насоса до цилиндра для предварительных расчетов можно принимать:

$$p_p = (0,85 \dots 0,9) p, \quad (81)$$
$$p_p = 0,85 \cdot 16 \cdot 10^6 = 13600000 \text{ Па.}$$

Из стандартного ряда принимаем гидроцилиндр с диаметром равным 50 мм при  $d_u$  равным 25 мм.

В гидравлическую схему трактора Т-130Г добавим гидромотор Г15-23 и гидравлический цилиндр с диаметром равным 50 мм при  $d_u$  равным 25 мм.

Гидрораспределитель предназначен для управления потоком рабочей жидкости в гидравлической системе и распределения её между различными видами устанавливаемого оборудования. Он состоит из распределительного, перепускного и предохранительного устройства. Распределительное

устройство состоит из трёх золотников, каждый из которых, не зависимо друг от друга, определяет четыре рабочих положения: «опускание», «подъём», «нейтральное» и «плавающее».

Навесное оборудование соединяется с распределителем при помощи штуцеров. Рабочая жидкость по гидролинии высокого давления поступает в гидромотор, который предназначен для вращения грузового барабана и гидроцилиндр подъёма и опускания стрелы. Спецификации на навесное оборудование и барабан представлены в Приложение А (рисунки А.1, А.2, А.3, А.4, А.5).

Перепускное устройство дифференциального типа состоит из клапана с направляющей, пружины и системы отверстий, которые при положении золотников «нейтральное» и «плавающее» обеспечивают разгрузку гидронасоса. Предохранительное устройство ограничивает максимальное давление в гидросистеме и работает совместно с перепускным устройством, обеспечивая перепуск рабочей жидкости из полости высокого давления на слив при достижении давления регулировки предохранительного клапана.

Рассмотрим работу гидравлической системы при выполнении операций подъём и опускание груза (рисунок 21).

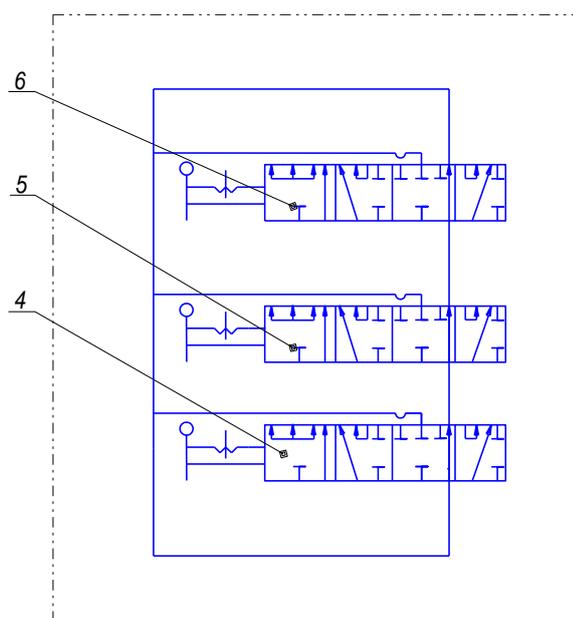


Рисунок 21 – Схема гидрораспределителя Р160

Для подъёма груза необходимо переместить рукоятку золотника 4 в положение «подъём». Рабочая жидкость по гидролинии будет поступать в гидромотор, что приведёт к его вращению. Для опускания груза необходимо переместить рукоятку в положение «опускание».

Для подъёма или опускания груза при помощи стрелы необходимо переместить рукоятку золотника 5 в положение «подъём» или «опускание» соответственно. По окончании необходимого хода поршня гидроцилиндра на подъём или опускание управляющую рукоятку отпустить, и золотник возвратится в положение «нейтральное» под действием пружины.

Для совместного подъёма или опускания груза стрелой и МПГ необходимо одновременно перемещать рукоятки золотников в соответствующее положение.

Для подъёма груза на максимальную высоту необходимо использовать гидроцилиндры подъёма и опускания отвала. Для этого необходимо переместить рукоятку золотника 6 в положение «подъём» и поднять отвал на максимальную высоту. Такое положение навесного оборудования будет соответствовать подъёму на максимальную высоту  $H_n = 3,1$  м.

Выполним выбор гидромотора.

Для привода механизма подъёма груза используем объёмный гидропривод.

Принимаем аксиально-поршневой гидромотор Г15-23 [29] (рисунок 22), имеющий:

- крутящий момент при номинальном давлении  $T_m=2,5$  кНм;
- мощность  $P_z=2,7$  кВт;
- номинальное давление  $p_n=6,3$  МПа;
- максимальное давление  $p_m=12,5$  МПа;
- рабочий объём  $V=1980$  см<sup>3</sup>;
- частота вращения: номинальная – 16 об/с; максимальная – 30 об/с; минимальная – 0,07– 0,66 об/с.
- номинальный расход  $Q_n=38,4$  л/мин;

- $\eta=0,85$ ;
- рабочая жидкость М-8М;
- масса  $m=12$  кг.

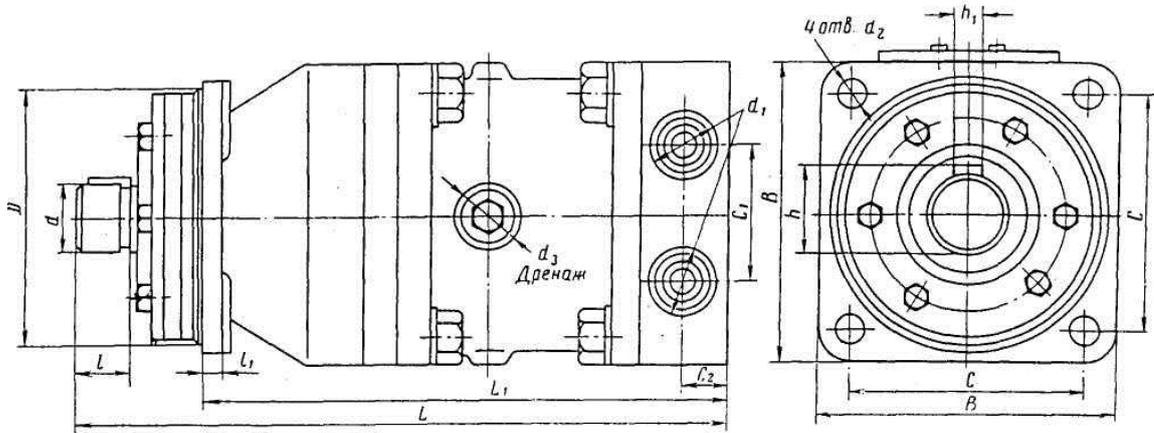


Рисунок 22 – Гидромотор Г15-23

Расчет требуемого рабочего давления:

$$P_p = \frac{T_{\delta}}{0,159 \cdot V_0 \cdot \eta}, \quad (82)$$

где  $T_{\delta}$  – момент на валу барабана, кНм;

$V_0$  – рабочий объём, см<sup>3</sup>.

$$P_p = \frac{3,06 \cdot 10^3}{0,159 \cdot 1980 \cdot 0,85} = 11,4 \text{ МПа.}$$

Требуемая частота вращения барабана:

$$n_{\delta} = \frac{aV_{\Gamma}}{\pi D_{\delta}}, \quad (83)$$

$$n_{\delta} = \frac{6,5 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,265} = 15,6 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения вала барабана  $n_{\sigma} = n_m = 15,6$  об/мин.

Выполним расчет подачи:

$$Q_m = \frac{Vn_m}{60\eta_{об}}, \quad (84)$$

$$Q_m = \frac{1980 \cdot 10^{-6} \cdot 15,6}{60 \cdot 0,85} = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Выполним расчет потребной мощности:

Согласно [31] принимаем падение давления в напорной линии  $\Delta p$  равным 500 кПа и КПД насоса  $\eta_n$  равным 0,9.

$$P_n = \frac{(p_p + \Delta p)Q_m}{\eta_n}, \quad (85)$$

$$P_n = \frac{(11,4 + 0,5) \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{0,9} = 3,8 \text{ кВт}.$$

Выполним выбор диаметра трубопровода

Определение диаметра трубы основывается на рекомендованных значениях, в зависимости от действующего рабочего давления в гидросистеме трактора. На основании этого выбираем диаметр трубы равный 12 мм и толщину стенки  $S$  равным 1 мм. Материал трубы – Сталь 10.

Определяем объем гидробака.

Вместимость гидробаков, форма, месторасположение на машине, некоторые конструктивные особенности оказывают существенное влияние на работоспособность гидравлического привода. Опыт эксплуатации гидрофицированных машин показал, что завышение или занижение объема бака снижает эффективность применения гидропривода. редварительно выбирают вместимость по следующему закону:

$$V_{\sigma} = (1,5 \div 2)Q_n, \quad (86)$$

где  $Q_n$  – минутная подача насоса, м<sup>3</sup>/мин

$$V_{\sigma} = 1,5 \cdot 1581 \cdot 10^{-4} = 0,237 \text{ м}^3.$$

Так как гидросистема является закрытой и жидкость циркулирует по замкнутому контуру, то объем бака можно уменьшить примерно в два раза и принять объем  $V_{\sigma}$  равный 0,12 м<sup>3</sup>.

Выполним подбор марки фильтров.

В рабочей жидкости всегда присутствуют в определенном количестве твердые механические примеси. Попадая в зону трения, абразивные частицы способствуют интенсивному разрушению трущихся деталей и, в конечном итоге, приводят к преждевременному выходу из строя гидрооборудования.

Для очистки рабочей жидкости от механических примесей в гидроприводе машин применяют различные фильтрующие устройства (фильтры). Основными параметрами фильтров являются условный проход  $D_u$ , номинальное давление  $P_{ном}$  и номинальная тонкость фильтрации. По рассчитанным параметрам гидропривода, подберем нужный фильтр марки 1.1.20 – 10/200.

Выбор марки дросселя.

Дроссели предназначены для регулирования потока рабочей жидкости, подаваемой к гидродвигателям. В гидросистеме используется регулируемый дроссель, марку которого подберем по расходу жидкости в соответствии с технической характеристикой. Выбираем дроссель марки ДР – 32.

Выбор марки теплообменника.

Теплообменники (калориферы) предназначены для охлаждения рабочей жидкости и стабилизации температуры в гидросистеме. Теплообменник можно подобрать, зная количество отводимого тепла, которое можно определить по следующей формуле:

$$Q' = \rho \cdot Q_n \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (87)$$

где  $\rho$  – плотность масла марки ВМГЗ;

$Q_n$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$c$  – теплоемкость масла, Дж/кг×град;

$t_1$  – начальная температура масла, град;

$t_2$  – конечная температура масла, град.

$$Q' = 860 \cdot 0,002635 \cdot 1880 \cdot (80 - 30) = 21301 \text{ Вт.}$$

Таким образом, зная количество отводимого тепла, можно подобрать теплообменник по его технической характеристике. Марка теплообменника следующая: КМ6 – СК –2.01А.

Подбор рукавов высокого давления.

Рукава, армированные металлической высокопрочной проволокой, изготавливают для высокого (до 16 МПа) и сверхвысокого (до 25 и 32 МПа) давления. Соединительные элементы этих рукавов с другим гидрооборудованием унифицированы. По технической характеристике рукавов высокого давления [3, табл. 67] подберем нужный нам рукав РВД Z16-20. Соединение трубопровода и рукавов высокого давления осуществляется с помощью штуцеров.

Выводы по разделу.

В разделе проведены расчеты на прочность основных элементов рабочего оборудования и гидропривода гусеничного трактора.

#### 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 нормы 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 навесное оборудование для подъема грузов на базе гусеничного трактора 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» [18].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (88)$$

где  $F_{д}$  – 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» [12].

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

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 привода барабана механизма подъема груза представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
1. Установить плиту опорную Сб. поз. 5 на сборочном стенде	1,24
2. Запрессовать три направляющие шпонки поз. 23 в пазы опорной плиты сб. поз. 5, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 13	3,15
3. Закрепить каждую шпонку поз. 23 последовательно двумя винтами поз. 13	1,5
Подборка барабана сб. поз. 2-1-10-4	0,56
4. Установить обечайку канатную сб. поз. 2-12-13 на призмы сборочного стенда	
5. Запрессовать две шпонки поз. 25 в пазы вала приводного поз.1	1,96
6. Напрессовать крышку левую поз. 7 на вал поз. 1 до упора в бурт, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 25	1,04
7. Установить подсобранный вал сб. поз. 1-25-7 в обечайку канатную сб. поз. 2 совместив отверстия под крепежные болты крышки поз. 7 и фланца обечайки сб. поз. 2	1,12
8. Установить шесть шайб поз. 21 на шесть винтов поз. 15, вернуть последовательно шесть винтов поз. 15 в фланец обечайки канатной сб. поз. 2 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно	0,90
9. Напрессовать крышку правую поз. 6 на вал поз. 1 до упора в бурт, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 25	1,04
10. Повторить переход 8	0,90
Подборка опоры левой сб. поз. 10-18-1-5	0,12
11. Запрессовать манжету сб. поз. 18 в опору левую поз. 10-Л	
12. Запрессовать подшипник сб. поз. 19 в гнездо опоры поз. 10-Л до упора выточки	0,12
13. Установить втулку дистанционную поз. 3 на вал барабана сб. поз. 1-25-7	0,08
14. Напрессовать подсобранную опору левую сб. поз. 10-18-19 на вал барабана сб. поз. 1-25-7	1,36
15. Установить прокладку поз. 11 на крышку глухую поз. 5, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 14	0,08
16. Установить крышку глухую поз. 5 в сборе с прокладкой поз. 11 в отверстия опоры сб. поз. 10-Л, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 14	0,28
17. Установить четыре шайбы поз. 20 на четыре винта поз. 14, вернуть последовательно четыре винта поз. 14 в опору сб. поз. 10-Л на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно	0,52
Подборка опоры правой сб. поз. 10-18-19-8	1,71
18-21. Переходы 11...14 повторить для сборки опоры правой сб. поз. 10-18-19 с валом барабана сб. поз. 1-25-6	
22. Запрессовать манжету поз. 17 в крышку сквозную поз. 8	0,12
23. Установить прокладку поз. 11 на крышку сквозную сб. поз. 8, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 14	0,08
24-25. Переходы 16 и 17 повторить для установки крыши сквозной сб. поз. 8 в опору правую сб. поз. 10-18-19	0,80

Продолжение таблицы 14

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
26. Ввернуть две шпильки поз. 23 во фланец поз. 13 барабана сб. поз. 2-1-10 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно	0,64
27. Установить две накладки поз. 9 на две шпильки поз. 23 барабана сб. поз. 2-1-10	0,16
28. Установить две шайбы поз. 22 на две шпильки поз. 23, навернуть две гайки поз. 16 на две шпильки поз. 23 на 2...3 нитки вручную	0,40
29. Установить петлю каната сб. поз. 4 под две накладки поз. 9 и завернуть гайки поз. 16 окончательно	1,64
30. Намотать канат сб. поз. 4 заданной длины на барабан сб. поз. 2-1-10 и отрубить	1,26
31. Установить подсобранный барабан сб. поз. 2-1-10-4 опорными стойками на плиту опорную сб. поз. 5, предварительно совместив пазы с направляющими шпонками поз. 23 и отверстия стоек и опорной плиты под крепежные болты поз. 12	2,48
32. Установить четыре шайбы поз. 21 на четыре болта поз. 12, последовательно закрепить две опорные стойки поз. 10, ввернув болты на 2...3 нитки вручную и завернув окончательно	0,96
33. Установить опору тормоза сб. поз. 4 на плиту опорную сб. поз. 5, совместив отверстия опоры и плиты под крепежные болты поз. 10	0,24
34. Установить последовательно на шесть болтов поз. 10, шесть шайб пружинных поз. 19, шесть шайб косых поз. 8, ввернуть болты поз. 10 в опорную плиту сб. поз. 5 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно	1,20
35. Запрессовать шпонку поз. 24 в паз вала барабана сб. поз. 2-1-10-4	0,98
36. Установить муфту сб. поз. 6 на вал барабана сб. поз. 2-1-10-4, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 24	1,02
Подборка опоры сб. поз. 3 с гидромотором сб. поз. 2 37. Установить прокладку поз. 7 в гнездо опоры сб. поз.3, совместив отверстия под крепежные болты поз. 11	0,08
38. Установить гидромотор сб. поз. 2 в гнездо опоры сб. поз. 3, совместив отверстия под крепежные болты, последовательно вставить в отверстия четыре болта поз. 11, установить на них четыре шайбы поз. 20, навернуть четыре гайки поз. 16 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно	1,46
39. Запрессовать шпонку поз. 22 в паз вала гидромотора сб. поз. 2	0,78
40. Установить подсобранную опору с гидромотором сб. поз. 3-2 на опорную плиту сб. поз. 5, предварительно совместив паз с направляющей шпонкой поз. 23 и соединить муфтой сб. поз. 6 вал гидромотора сб. поз. 2 с валом барабана сб. поз. 2-1-10-4	2,86
41. Установить четыре шайбы поз. 21 на четыре болта поз. 12, закрепить опору гидромотора сб. поз. 3-2, ввернув последовательно болты в опорную плиту сб. поз. 5 на 2...3 нитки вручную и завернув окончательно пневмогайковертом	1,16
42. Застопорить полумуфты сб. поз. 6 на валах барабана и	0,48

Продолжение таблицы 14

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
гидромотора, ввернув последовательно до упора два винта поз. 14	
43. Установить тормоз ленточный ТЛ-1-150 в сборе сб. поз. 17 на опоре сб. поз. 4, вставить в отверстия стойки и тормоза три болта поз. 9, надеть на них три шайбы поз. 18, навернуть три гайки поз. 15 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно.	0,92
Итого:	37,4

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (89)$$

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (90)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;  
 $\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [12].

$$t_{ит}^{общ} = 144,2 + 144,2 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 155,73 \text{ мин.}$$

#### 4.2 Проектирование технологического процесса сборки привода барабана механизма подъема груза

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 15.

Таблица 15 – Технологический процесс сборки привода барабана механизма подъема груза

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Установить плиту опорную сб. поз. 5 на сборочном стенде	Приспособление грузоподъемное, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, центровка, электрический шуруповерт зубило	5,89
		2	Запрессовать три направляющие шпонки поз. 23 в пазы опорной плиты сб. поз. 5, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 13		
		3	Закрепить каждую шпонку поз. 23 последовательно двумя винтами поз. 13		
010	Сборочная	1	Подсборка барабана сб. поз. 2-1-10-4 Установить обечайку канатную сб. поз. 2-12-13 на призмы сборочного стенда		7,52
		2	Запрессовать две шпонки поз. 25 в пазы вала приводного поз. 1		
		3	Напрессовать крышку левую поз. 7 на вал поз. 1 до упора в бурт, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 25		
		4	Установить подсобранный вал сб. поз. 1-25-7 в обечайку канатную сб. поз. 2 совместив отверстия под крепежные болты крышки поз. 7 и		

			фланца обечайки сб. поз. 2		
		5	Установить шесть шайб поз. 21 на шесть винтов поз. 15, ввернуть		

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			последовательно шесть винтов поз. 15 в фланец обечайки канатной сб. поз. 2 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		
		6	Напрессовать крышку правую поз. 6 на вал поз. 1 до упора в бурт, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 25		
		7	Повторить переход 5		
015	Сборочная	1	Подборка опоры левой сб. поз. 10-18-1-5 Запрессовать манжету сб. поз. 18 в опору левую поз. 10-Л		2,56
		2	Запрессовать подшипник сб. поз. 19 в гнездо опоры поз. 10-Л до упора выточки		
		3	Установить втулку дистанционную поз. 3 на вал барабана сб. поз. 1-25-7		
		4	Напрессовать подсорбранную опору левую сб. поз. 10-18-19 на вал барабана сб. поз. 1-25-7		
		5	Установить прокладку поз. 11 на крышку глухую поз. 5, предварительно совместив отверстия		

			под крепежные винты поз. 14		
		6	Установить крышку глухую поз. 5 в сборе с прокладкой поз. 11 в отверстия		

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			опоры сб. поз. 10-Л, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 14		
		7	Установить четыре шайбы поз. 20 на четыре винта поз. 14, вернуть последовательно четыре винта поз. 14 в опору сб. поз. 10-Л на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		
020	Сборочная	1	Подборка опоры правой сб. поз. 10-18-19-8 Переходы 11...14 повторить для сборки опоры правой сб. поз. 10-18-19 с валом барабана сб. поз. 1-25-6		13,69
		2	Запрессовать манжету поз. 17 в крышку сквозную поз. 8		
		3	Установить прокладку поз. 11 на крышку сквозную сб. поз. 8, предварительно совместив отверстия под крепежные винты поз. 14		
		4	Переходы 16 и 17 повторить для установки крыши сквозной сб. поз. 8 в опору правую сб. поз.		

			10-18-19		
		5	Ввернуть две шпильки поз. 23 во фланец поз. 13 барабана сб. поз. 2-1-		

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		6	10 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		
		7	Установить две накладки поз. 9 на две шпильки поз. 23 барабана сб. поз. 2-1-10		
		8	Установить две шайбы поз. 22 на две шпильки поз. 23, навернуть две гайки поз. 16 на две шпильки поз. 23 на 2...3 нитки вручную		
		9	Установить петлю каната сб. поз. 4 под две накладки поз. 9 и завернуть гайки поз. 16 окончательно		
		10	Намотать канат сб. поз. 4 заданной длины на барабан сб. поз. 2-1-10 и отрубить		
		11	Установить подсобранный барабан сб. поз. 2-1-10-4 опорными стойками на плиту опорную сб. поз. 5, предварительно совместив пазы с направляющими шпонками поз. 23 и отверстия стоек и опорной плиты под крепежные болты поз. 12		
		12	Установить четыре шайбы поз. 21 на		

			четыре болта поз. 12, последовательно закрепить две опорные стойки поз. 10, ввернув болты на 2...3 нитки вручную и		
--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			завернув окончательно		
		13	Установить опору тормоза сб. поз. 4 на плиту опорную сб. поз. 5, совместив отверстия опоры и плиты под крепежные болты поз. 10		
		14	Установить последовательно на шесть болтов поз. 10, шесть шайб пружинных поз. 19, шесть шайб косых поз. 8, ввернуть болты поз. 10 в опорную плиту сб. поз. 5 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		
		15	Запрессовать шпонку поз. 24 в паз вала барабана сб. поз. 2-1-10-4		
		16	Установить муфту сб. поз. 6 на вал барабана сб. поз. 2-1-10-4, предварительно совместив паз со шпонкой поз. 24		
025	Сборочная	1	Подборка опоры сб. поз. 3 с гидромотором сб. поз. 2 Установить прокладку поз. 7 в гнездо опоры сб. поз.3, совместив отверстия под крепежные болты поз.		7,74

		11		
		2	Установить гидромотор сб. поз. 2 в гнездо опоры сб. поз. 3, совместив отверстия под	

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		3	крепежные болты, последовательно вставить в отверстия четыре болта поз. 11, установить на них четыре шайбы поз. 20, навернуть четыре гайки поз. 16 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		
		4	Запрессовать шпонку поз. 22 в паз вала гидромотора сб. поз. 2		
		5	Установить подсобранную опору с гидромотором сб. поз. 3-2 на опорную плиту сб. поз. 5, предварительно совместив паз с направляющей шпонкой поз. 23 и соединить муфтой сб. поз. 6 вал гидромотора сб. поз. 2 с валом барабана сб. поз. 2-1-10-4		
		6	Установить четыре шайбы поз. 21 на четыре болта поз. 12, закрепить опору гидромотора сб. поз. 3-2, ввернув последовательно болты в опорную плиту сб. поз. 5 на 2...3 нитки вручную и завернув окончательно		

			пневмогайковертом		
		7	Застопорить полумуфты сб. поз. 6 на валах барабана и гидромотора, ввернув		

Продолжение таблицы 15

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			последовательно до упора два винта поз. 14		
		8	Установить тормоз ленточный ТЛ-1-150 в сборе сб. поз. 17 на опоре сб. поз. 4, вставить в отверстия стойки и тормоза три болта поз. 9, надеть на них три шайбы поз. 18, навернуть три гайки поз. 15 на 2...3 нитки вручную и завернуть окончательно		

Технологическая схема сборки привода барабана механизма подъема груза представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки привода барабана механизма подъема груза 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 навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 16).

Таблица 16 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора [20]

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора	1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в конструкции погрузочного оборудования. 2 Проверить состояние оборудования на наличие повреждений. 3 Проверить состояние гидравлической системы привода.	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

## Продолжение таблицы 16

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	4 Выполнить смазку и регулировку механизмов навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора			ГОСТ 23652-79; - литол-24 ГОСТ 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, несчастного 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 отвала бульдозера можно выделить негативные и позитивные 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 17 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора.

Таблица 17 – 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 погрузочного оборудования. 2 Проверить состояние оборудования на наличие повреждений. 3 Проверить состояние гидравлической системы привода. 4 Выполнить смазку и регулировку механизмов навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, навесного оборудования»	Элементы конструкции базовой машины
	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» [26]
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [27]
	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)» [8].

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» [19].
- 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» [8].

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 18.

Таблица 18 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 18

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
оборудования	устройств в надлежащем состоянии	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [27].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – 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	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [26].
«Повышенный уровень шума	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	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [19].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [8].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [19]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и	–

Продолжение таблицы 18

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
с рабочей позой	<ul style="list-style-type: none"> <li>– периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [27].</li> </ul>	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей;</li> <li>– 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» [20];</li> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</li> </ul>	–

## Продолжение таблицы 18

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 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;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– 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</li> <li>– отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [30].</li> </ul>	

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 19).

Таблица 19 – 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» [26].

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» [8].

«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» [8].

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 навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора (таблица 20), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 20 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора

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 20

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» [19]
«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» [8]
«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» [8].
«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» [30]
«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» [8]

**5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора**

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 навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора и сведем их в таблицу 21.

Таблица 21 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора»	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» [19].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора:

- 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;
  - 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 навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора (таблица 16);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора (таблица 17) и определены методы и средства их снижения (таблица 18);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора (таблицы 19, 20);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе обслуживания навесного оборудования для подъёма грузов на базе гусеничного трактора и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 21).

## 6 Экономическая эффективность проекта

Перечень изменяемых деталей проектируемого навесного оборудования включает в себя гидропривод и рабочий орган механизма подъёма грузов, по каждому из этих разрабатываемых узлов определяется конструктивная масса, общая материалоемкость и трудоемкость изготовления. Полученные данные заносим в таблицы 22, 23.

Таблица 22 – Потребность в материалах по проектируемому узлу машины

Перечень изменяемых деталей узла	Количество деталей в узле, ед.		Материал	Масса детали, кг	
	базовом	проектируемом		конструктивная	общая
Гидропривод	-	1	Сталь	15,8	17
Механизм подъёма грузов	-	1	Сталь	137	140

Таблица 23 – Потребность в затратах труда по проектируемому узлу машины

Потребность в материале, кг		Трудоемкость изготовления 1 детали, мин./ед.	Трудоемкость изготовления узла, мин		
Базовая машина	Проектируемая машина		базового	проектируемого	отклонение, +/-
30	26	528	1386	1280	-106
250	210	752			

Выполним расчет затрат на основные материалы и сведем в таблицу 24.

Таблица 24 – Поузловой расчет затрат на основные материалы

Последовательность расчёта	Узел № 1		Узел № 2		Итого		Отклонение
	Б	П	Б	П	Б	П	
Вид материала	Сталь		Сталь		Сталь		-
Потребность, кг	30	26	250	210	280	236	-44
Коэффициент использования материала	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-
Количество отходов, кг	6	5,2	50	42	56	47	-9
Цена материала в месте потребления, р./кг	30	30	30	30	30	30	-
Цена отходов, р./кг	3	3	3	3	3	3	
Стоимость материалов, р.	900	780	7500	6300	8400	7080	-1320

Продолжение таблицы 24

Последовательность расчёта	Узел № 1		Узел № 2		Итого		Отклонение
	Б	П	Б	П	Б	П	
Стоимость отходов, р.	18	15,6	150	126	168	141	-27
Стоимость материалов за вычетом отходов, тыс. р.	882	764,4	7350	6174	8232	6939	-1293

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих по проектируемому узлу рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{op}^y = 1,1 \cdot 1,4 \cdot \sum_1^n \frac{Tt}{60} n_o, \quad (91)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (принимается в размере 10% от основной заработной платы);

1,4 – коэффициент, учитывающий премии и доплаты (принимается в размере 40% от тарифной заработной платы);

$n$  – количество деталей в проектируемом узле, ед.;

$T$  – часовая тарифная ставка среднего тарифного разряда основных производственных рабочих, р.;

$t$  – трудоемкость изготовления детали, мин. ( $t_1 = 528$  мин,  $t_2 = 752$  мин);

$n_o$  – количество деталей данного наименования в проектируемом узле, ед» [11].

$$ЗП_{Op}^y = 1,1 \cdot 1,4 \cdot \left( \frac{150 \cdot 528}{60} \cdot 1 + \frac{150 \cdot 752}{60} \cdot 1 \right) = 1644 \text{ р.}$$

Сумма страховых отчислений

$$O_{cnp} = 0,30 \cdot ЗП_{op}^y, \quad (92)$$

$$O_{сmp} = 0,30 \cdot 1644 = 493,2 \text{ р.}$$

Результаты расчета заносятся в таблицу 25.

Таблица 25 – Поузловой расчёт на заработную плату основных производственных рабочих и страховые отчисления

Последовательность расчёта	Узел № 1		Узел № 2		Итого		Отклонение
	Б	П	Б	П	Б	П	
Трудоёмкость изготовления, мин	510	528	876	752	1386	1280	-106
Средний тарифный разряд	6	6	6	6	6	6	
Часовая тарифная ставка, р.	150	150	150	150	150	150	0
Тарифный фонд зарплаты, р.	425	440	730	627	1155	1067	-88
Основной фонд зарплаты, р.	595	616	1022	878	1617	1494	-123
Дополнительный фонд зарплаты, р.	60	62	102	88	162	150	-12
Итого фонд зарплаты (основной+дополнительный), р.	655	678	1124	966	1779	1644	-135
Страховые отчисления	196,5	203,4	337,2	290	533,7	493,2	-40,5
Всего расходов на зарплату и страховые отчисления, р.	851,5	881,4	1461,2	1256	2312,7	2137,2	-175,5

«Полной себестоимость определяется по формуле:

$$C_{ny} = C_{om} + C_{эм} + C_{зо} + C_{он} + C_{ох} + C_{ен}, \quad (93)$$

где  $C_{om}$  – затраты на основные материалы (за вычетом стоимости возвратных отходов), р.;

$C_{эм}$  – затраты на энергию, топливо, на технологические нужды, р.  
(принимаются в размере 1,7 от основной заработной платы основных производственных рабочих);

$C_{зо}$  – затраты на зарплату основных производственных рабочих и страховые отчисления;

$C_{on}$  – общепроизводственные расходы, р. (принимаются в размере 10,0 от основной заработной платы основных производственных рабочих);

$C_{ox}$  – общехозяйственные расходы, р. (принимаются в размере 5,0 от основной заработной платы основных производственных рабочих);

$C_{en}$  – внепроизводственные расходы, р. (принимаются в размере 0,008 от производственной себестоимости узла)» [11].

$$C_{ny}^{\bar{}} = (8232 + 1,7 \cdot 1617 + 2312,7 + 10 \cdot 1617 + 5 \cdot 1617) \cdot 1,008 = 37849 \text{ р.},$$

$$C_{ny}^n = (6939 + 1,7 \cdot 1494 + 2137,2 + 10 \cdot 1494 + 5 \cdot 1494) \cdot 1,008 = 34299 \text{ р.}$$

Полная себестоимость проектируемого трактора с новым навесным оборудованием определяется исходя из полной себестоимости базового трактора завода – изготовителя и его изменений (+ увеличения, -уменьшения) в результате проводимой модернизации узлов.

Таким образом, полная себестоимость определяется по формуле:

$$C_{nm}^n = C_{nm}^{\bar{}} \pm \Delta C_{ny}, \quad (94)$$

где  $C_{nm}^{\bar{}}$  – полная себестоимость проектируемой машины, р;

$\Delta C_{ny}$  – изменение полной себестоимости узлов навесного оборудования, р [11].

$$\Delta C_{ny} = C_{ny}^{\bar{}} - C_{ny}^n,$$

$$\Delta C_{ny} = 37849 - 34299 = 3550 \text{ р.}$$

$$C_{nm}^n = 1280000 - 3550 = 1276450 \text{ р.}$$

Себестоимость проектируемого навесного оборудования механизма подъёма грузов упала по сравнению с базовым вариантом. Модернизация узлов привела к удешевлению всей конструкции в целом.

Для определения годового экономического эффекта на стадии проектирования могут использоваться данные о затратах потребителя на приобретение базовой и проектируемой машин, их производительности, сроках полезного использования, дополнительных капитальных затратах у потребителя, текущих затратах у потребителя.

С использованием этих показателей годовой экономический эффект у потребителя в расчете на одну машину может быть определен по формуле:

$$\mathcal{E}_{mm} = 1,05C_1P_1 \frac{B_2}{B_1} + (I_1 - I_2) - E_k(K_2 - K_1) - 1,05C_2P_2, \quad (94)$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий затраты потребителя на транспортировку, подготовку машины к эксплуатации;

$C_1$  и  $C_2$  – затраты на приобретение единицы соответственно базовой и проектируемой машины с учетом НДС, р.;

$P_1$  и  $P_2$  – отчисления на реновацию базовой и проектируемой машины, % (доли ед.), усреднено на уровне 10 - 15%;

$B_1$  и  $B_2$  – производительность соответственно базовой и проектируемой машины учетных ед./ч;

$I_1$  и  $I_2$  – годовые текущие затраты у потребителей соответственно базовой и проектируемой машины, р. (при сопоставлении годовых текущих затрат можно ограничиться годовыми затратами на текущий ремонт машин, по которому достигается экономия за счет повышения надежности проектируемой машины по сравнению с базовой);

$E$  – коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных затрат, % (доли ед.) (принимается на уровне отчислений на реновацию машин);

$K_1$  и  $K_2$  – дополнительные капитальные затраты у потребителя соответственно базовой и проектируемой машины, р [11].

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{mm} = & 1,05 \cdot 1600000 \cdot 0,1 \cdot 1,0562 + (225331 - 175377) - 0,1 \cdot 26171 - \\ & - 1,05 \cdot 1595562 \cdot 0,1 = 57244,5 \text{ р.} \end{aligned}$$

Результаты расчёта заносим в таблицу 26.

Таблица 26 – Расчет годового экономического эффекта у потребителя от использования проектируемой машины по сравнению с базовой

Показатели	Значения показателей		
	базовой машины	проектируемой машины	отклонение, +/-
Затраты на приобретение машины с учетом затрат на транспортировку и подготовку к эксплуатации, р.	1680000	1675340	-4660
Годовые отчисления на реновацию (полное восстановление) машины, р.	160000	159556,2	-443,8
Производительность машины, т/год	67560	71358	+3798
Годовые текущие затраты у потребителя машины, р.	225331	175377	-49954
Дополнительные капитальные затраты у потребителя машины, р.	166528	140357	-26171
Годовой экономический эффект от использования машины, р.	–	57244,5	–

Выводы по разделу.

Спроектированное навесное оборудование будет иметь снижение себестоимости, а значит, будет экономический эффект от производства. Вместе с тем, достигается улучшение показателей надежности, повышается производительность, а также происходит снижение металлоемкости, что даст положительный экономический эффект при эксплуатации в размере 57244,5 р.

## Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора Т-130.

Ключевым вопросом дипломной работы являлось проектирование конструкции навесного оборудования и его привода на отвале гусеничного трактора.

В работе затрагивается проблема низкой эффективности использования бульдозеров на массовых и локальных земляных работах. Предлагается использовать бульдозерный отвал, в верхней части которого смонтировано крановое оборудование для подъема груза на небольшую высоту. Такое техническое решение позволяет отказаться от дополнительных грузоподъемных машин, значительно упрощает организацию и технологию строительных работ и улучшает экономические показатели строительства.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- проведен патентный поиск конструкций навесного оборудования для бульдозеров;
- выполнен тягово-динамический расчёт гусеничного трактора Т-130;
- проведены расчеты на прочность основных элементов рабочего оборудования и гидропривода гусеничного трактора;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический сборка навесного оборудования для подъема грузов;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции навесного оборудования для подъема грузов на базе гусеничного трактора с экономической стороны.

## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Александров М. П. Подъемно-транспортные машины [Текст] : [учебник для машиностроительных специальных вузов] / М. П. Александров. - 6-е изд., перераб. - Москва : Высшая школа, 1985. - 520 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 Волков Д. П. Машины для земляных работ [Текст]. - Москва : Машгиз, 1960. - 113 с.

6 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

7 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.

8 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.

9 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.

10 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

11 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.

12 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.

13 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

14 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

15 Ионес С. В. Советские полноприводные [Текст] : [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. - Тула : Борус-Принт, 2017-. - 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. - 2017. - 417 с.

16 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

17 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.

18 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.

19 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.

20 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.

21 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.

22 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

23 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с.П

24 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.

25 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.

26 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.

27 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени

Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

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

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

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

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

32 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.

Приложение А  
**Спецификации**

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.					<i>Документация</i>			
	A1			23.ДП.01.109.61.01.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
Справ. №					<i>Сборочные единицы</i>			
			1	23.ДП.01.109.61.01.000	Отвал	1		
			2	23.ДП.01.109.61.02.000	Стрела	1		
					<i>Детали</i>			
			3	23.ДП.01.109.61.01.003	Блок	2		
			4	23.ДП.01.109.61.01.004	Палец	1		
			5	23.ДП.01.109.61.01.005	Палец	1		
			6	23.ДП.01.109.61.01.006	Штифт	1		
			7	23.ДП.01.109.61.01.007	Палец	1		
			8	23.ДП.01.109.61.01.008	Канат	1		
			9	23.ДП.01.109.61.01.009	Крышка	2		
					<i>Стандартные изделия</i>			
			10		Гайка М36 ГОСТ 5929-70	2		
		11		Подшипник 1207 ГОСТ 28428-90	2			
		12		Шайба 30 65ГО29 ГОСТ 6402-70	2			
		13		Шайба 36 65ГО29 ГОСТ 6402-70	1			
				<b>23.ДП.01.109.61.01.000</b>				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Тропезников В.В.				Лист	Лист	Листов
	Пров.	Тизлов А.С.				Д	1	2
	Нконтр.	Тизлов А.С.				<b>Оборудование навесное ТГУ, АТс-1801а</b>		
Утв.	Бодровский А.В.							
						Копировал		Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на навесное оборудование



Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
								Справ. №		
				<i>Документация</i>						
A4			23.ДП.01.109.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1					
A1			23.ДП.01.109.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	2					
				<i>Сборочные единицы</i>						
		1	23.ДП.01.109.61.01.000	Оборудование навесное	1					
		2	23.ДП.01.109.61.02.000	Привод барабана	1					
		3	23.ДП.01.109.61.03.000	Брус отвала с опорной плитой	1					
				<i>Детали</i>						
		4	23.ДП.01.109.61.00.004	Палец	1					
		5	23.ДП.01.109.61.00.005	Штифт	1					
				<i>Стандартные изделия</i>						
		6		Шайба 50 ГОСТ 9649-78	2					
				<i>Прочие изделия</i>						
		7		Базовый трактор	1					
		8		Канат ГОСТ 3241-91	1	L=20м				
			<b>23.ДП.01.109.61.00.000</b>							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Установка навесного оборудования механизма подъёма груза на трактор Т-130Г			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Трапезников В.В.							Д		1
Проб.	Тизлов А.С.				ТГУ, АТс-1801а					
Н.контр.	Тизлов А.С.									
Утв.	Бабровский А.В.									

Копировал

Формат А4

Рисунок А.3 – Спецификация на установку навесного оборудования

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Справ. №	Подп. и дата	
				<i>Документация</i>					
			23.ДП.01.109.61.02.000.СБ	Сборочный чертеж	1				
				<i>Детали</i>					
		1	23.ДП.01.109.61.02.001	Вал	1				
		2	23.ДП.01.109.61.02.002	Обечайка канатная	2				
		3	23.ДП.01.109.61.02.003	Втулка дистанционная	2				
		4	23.ДП.01.109.61.02.004	Канат	1				
		5	23.ДП.01.109.61.02.005	Крышка глухая	1				
		6	23.ДП.01.109.61.02.006	Крышка правая	1				
		7	23.ДП.01.109.61.02.007	Крышка левая	1				
		8	23.ДП.01.109.61.02.008	Крышка сквозная	1				
		9	23.ДП.01.109.61.02.009	Накладка	2				
		10	23.ДП.01.109.61.02.010	Опора	2				
		11	23.ДП.01.109.61.02.011	Прокладка	2				
		12	23.ДП.01.109.61.02.012	Фланец правый	1				
		13	23.ДП.01.109.61.02.013	Фланец левый	1				
				<i>Стандартные изделия</i>					
		14		Винт М6 х 1,25-6г х 35.58.35Х.01 ГОСТ Р 11738-84	8				
			<b>23.ДП.01.109.61.02.000</b>						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Барабан</b>	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.		Трапезников В.В.					1	2
	Проб.		Тизилов А.С.						
	Н.контр.		Тизилов А.С.						
	Утв.		Бабрайский А.В.						
							<b>ТГУ, АТс-1801а</b>		

Копировал

Формат А4

Рисунок А.4 – Спецификация на барабан

