

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции погрузчика – манипулятора на базе скрепера

САТ 627К

Обучающийся

Р.Д. Каюмов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Н.С. Соломатин

(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)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка конструкции погрузчика – манипулятора на базе скрепера САТ 627К».

Цель данного проекта заключается в создании конструкции погрузчика-манипулятора, используя скрепер САТ 627К в качестве базы. Проект направлен на разработку усовершенствованного транспорта, способного выполнять функции, как погрузчика, так и манипулятора. Проект предполагает создание эффективного устройства, способного обеспечивать высокую производительность при выполнении различных задач.

В процессе разработки будут учтены параметры грузоподъемности, рабочей высоты, скорости и маневренности погрузчика-манипулятора.

Результатом проекта будет готовая разработка конструкции погрузчика-манипулятора, интегрированной на базе скрепера САТ 627К.

Пояснительная записка к дипломному проекту включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 88 страниц с приложениями.

Графическая часть состоит из 10 листов формата А1. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрены конструкции манипуляторов согласно материалам патентно-технического анализа.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе выполнены конструкторские расчеты погрузчика.

В четвертом разделе выбран, обоснован и составлен технологический процесс сборки.

В пятом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, разработаны меры и мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта дипломного проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The development of the design of a loader-manipulator based on the CAT 627K scraper».

The goal of this project is to create a loader/manipulator structure using a CAT 627K scraper as a base.

The project is aimed at developing an improved vehicle capable of performing the functions of both a loader and a manipulator. The project involves the creation of an effective device capable of providing high performance when performing various tasks.

During the development process, the parameters of load capacity, working height, speed and maneuverability of the loader-manipulator will be taken into account.

The result of the project will be a ready-made design of a loader-manipulator integrated on the basis of the CAT 627K scraper.

The explanatory note for the diploma project includes an introduction, six sections, a conclusion, a list of references and sources used, applications, and a total of pages with applications.

The graphic part consists of 10 sheets of A1 format. The completed diploma project fully complies with the approved assignment.

The first section examines the designs of manipulators according to patent and technical analysis materials.

In the second section, a traction and dynamic calculation of the vehicle is performed.

In the third section, design calculations of the loader were performed.

In the fourth section, the assembly process is selected, justified and compiled.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	14
3 Конструкторская часть	20
3.1 Расчет гидропривода погрузчика-манипулятора.....	20
3.2 Расчет механизма подъема стрелы.....	23
3.3 Определение мощности привода стреловой лебедки.....	29
3.4 Расчет необходимой мощности насосной установки погрузчика - манипулятора.....	32
3.5 Расчёт на прочность зубчатого зацепления опорно-поворотного круга.....	33
3.6 Расчёт зубчатого зацепления по напряжениям изгиба	38
3.7 Проверка шариков и беговых дорожек на контактную прочность.....	41
3.8 Расчет крепления пальца гидроцилиндра стрелы.....	43
4 Технологический раздел.....	46
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	46
4.2 Разработка технологического процесса сборки.....	50
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	54
5.1 Описание технологического процесса сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К с конструктивно- технологической и организационно-технической стороны.....	55
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	56
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	58
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	63
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса.....	67
6 Экономическая эффективность проекта.....	70
6.1 Расчет стоимости модернизированного скрепера	70
6.2 Расчёт стоимости машино-смены базового скрепера	72

6.3 Расчет стоимости машино-смены модернизированного скрепера	75
Заключение	80
Список используемой литературы и используемых источников.....	81
Приложение А. Спецификации.....	85

Введение

«Строительные одноковшовые погрузчики-манипуляторы широко применяют в отечественной практике при погрузочно-разгрузочных, землеройно-транспортных, монтажных и других работах» [1].

Скрепер САТ 627К – это надежная техника, широко используемая в строительстве и горнодобывающей отрасли. В то же время есть потребность в дополнительной функциональности для выполнения различных задач, таких как грузоподъемность, манипуляции с грузами и другие виды работ.

Область применения погрузчика значительно расширяется за счет совмещения в себе функций крана и самосвала.

Погрузчик-манипулятор может использоваться в промышленном, гражданском и дорожном строительстве, а также в сельском и складском хозяйствах.

Универсальность и возможность применения в разнообразных условиях позволяет использовать эти машины не только в различных отраслях строительства, но и в горном деле, промышленности строительных материалов, в лесном и сельском хозяйстве.

В отечественном строительном-дорожном машиностроении широко используют принцип создания дорожно-строительных машин на базе тракторов и тягачей, выпускаемых автотракторной промышленностью.

1 Состояние вопроса

Для разработки конструкции погрузчика-манипулятора на базе скрепа САТ 627К необходимо учитывать следующие основные шаги:

- изучение технических характеристик и особенностей базового скрепа САТ 627К, чтобы определить возможности его модификации и установки манипулятора.
- определение требований к функциональности и грузоподъемности погрузчика-манипулятора в соответствии с поставленными задачами.
- проектирование конструкции погрузчика-манипулятора, включая выбор гидравлической системы, механизмов управления, крепежных элементов и т.д.
- разработка чертежей и технической документации для изготовления и установки погрузчика-манипулятора.
- изготовление и сборка конструкции погрузчика-манипулятора, а также его установка на базовый скреп САТ 627К.
- проведение испытаний и наладка работы погрузчика-манипулятора, а также обучение операторов его использованию.
- осуществление технического обслуживания и регулярное техническое обследование погрузчика-манипулятора для обеспечения его бесперебойной работы.

Прежде чем приступить к разработке конструкции погрузчика – манипулятора на базе скрепера САТ 627К необходимо провести анализ актуальных разработок и модернизаций конструкций. Согласно имеющимся рекомендациям [2] предлагается рассмотреть описания отечественных авторских свидетельств (патентов).

Далее представлены указанные выше описания.

«Телескопическая стрела по авторскому свидетельству № 1214857 включает в себя опорную и выдвигные секции, приводной рабочий орган и

гидравлические линии для подачи рабочей жидкости к элементам гидропривода.

Гидравлические линии состоят из гибких, жестких трубопроводов и поворотных соединений, при этом крайние трубопроводы закреплены на опорной и выдвижной секциях, а промежуточные (жесткие) трубопроводы соединены между собой посредством гибкого трубопровода. Общая длина промежуточных подвижных трубопроводов должна быть больше хода телескопической стрелы.

Телескопическая стрела отличается тем, что гибкие трубопроводы выполнены из резинометаллических рукавов высокого давления с упругими элементами в виде винтовых пружин (гибкие трубопроводы помещены внутрь винтовых пружин)» [4].

Данные мероприятия позволяют увеличить надежность трубопровода.

«Гидравлический телескопический подъемник по авторскому свидетельству № 8832562 представляет собой выдвижную стрелу с неподвижной (наружной), подвижной (средней) и внутренней секциями.

Наружная секция шарнирно соединена с гидроцилиндром подъема стрелы и поворотной стойкой, установленной на основании, закрепленном на раме шасси автомобиля, а внутренняя секция шарнирно соединена свободным концом с люлькой, гидроцилиндр перемещения средней секции и привод перемещения внутренней секции.

Приводом перемещения внутренней секции является гидроцилиндр, установленный во внутренней полости секций параллельно гидроцилиндру перемещения средней секции и шарнирно соединенного штоком с внутренней секцией

Недостатком известного подъемника является то, что при обрыве ветви троса или цепи необходимо применение ловителя, который должен обеспечить торможение свободно падающей секции на любом участке выдвигаемой секции в соответствии с требованиями Госгортехнадзора» [2].

На рисунке 1 изображен общий вид гидравлического телескопического подъемника на шасси автомобиля, а также стрела с секциями и гидроцилиндрами выдвижения.

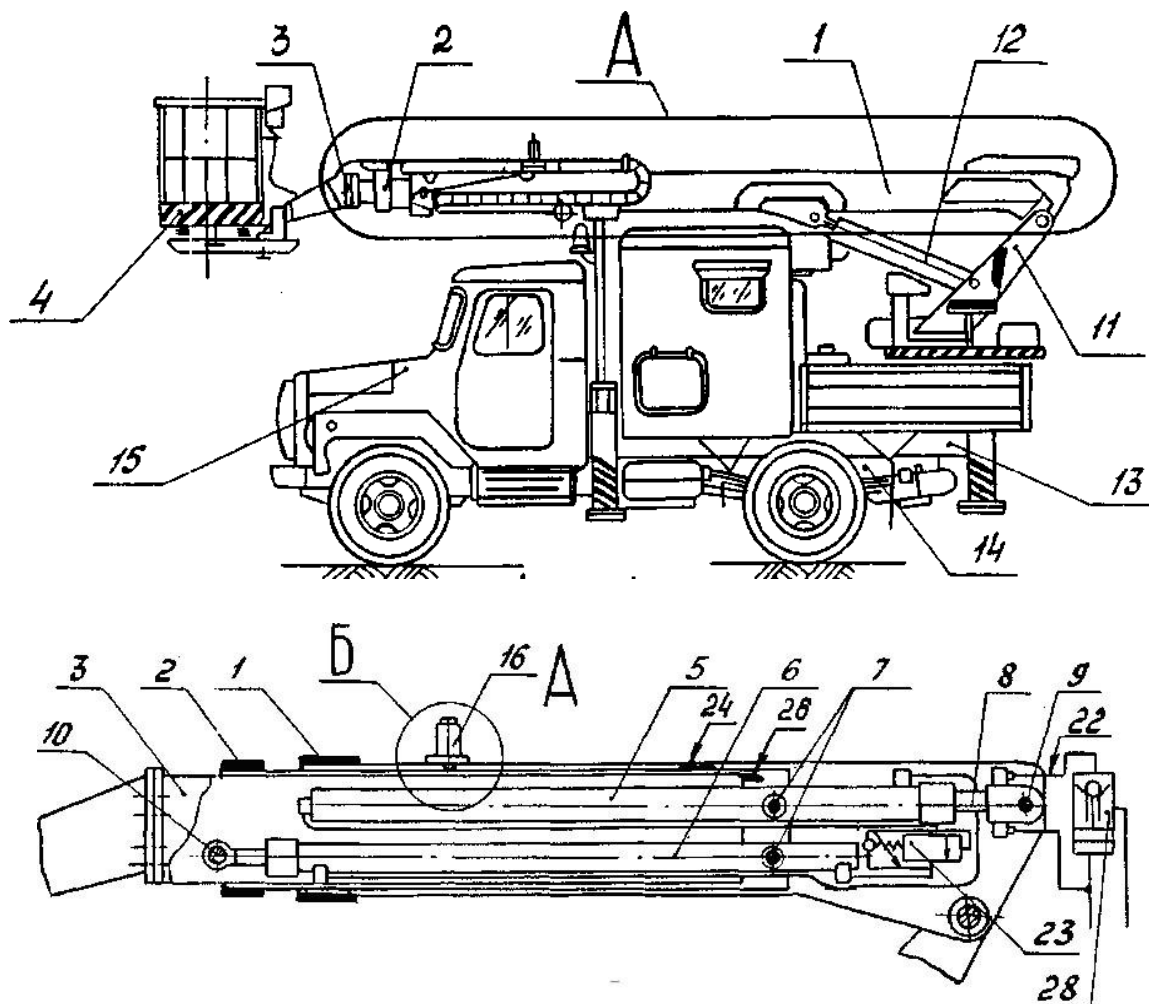


Рисунок 1 – Общий вид гидравлического телескопического подъемника

«Работа гидравлического телескопического подъемника осуществляется следующим образом. При подаче рабочей жидкости в поршневую полость гидроцилиндра 5 его шток 8, шарнирно скрепленный с наружной секцией 1, начинает выдвигаться из корпуса гидроцилиндра, при этом перемещаются средняя секция 2 и скрепленный с ней через ось 7 гидроцилиндр 6 с внутренней секцией 3 и люлькой 4. В поршневую полость гидроцилиндра 6 рабочая жидкость не поступает, так как на участке трубопровода, соединяющего поршневые полости гидроцилиндров 5 и 6

установлен согласующий клапан 23, который пропускает рабочую жидкость только при полностью выдвинутом штоке 8 гидроцилиндра 5, то есть когда возрастает давление в гидросистеме, близкое к максимальному рабочему.

После срабатывания согласующего клапана 23 через него проходит рабочая жидкость, которая приводит в действие гидроцилиндр 6. При движении штока гидроцилиндра 6 выдвигается внутренняя секция 3 с люлькой 4. Таким образом, осуществляется полное удлинение стрелы с поочередностью движения; сначала выдвигание средней секции 2, затем выдвигание внутренней секции 3 с люлькой 4» [2].

«Технико-экономическими преимуществами предлагаемого технического решения перед прототипом являются:

- упрощение конструкции стрелы подъемника;
- организация последовательности выдвигания-втягивания секций;
- улучшение эксплуатационных возможностей, повышение надежности работы подъемника в целом» [2].

«Изобретение (кран-погрузчик) по авторскому свидетельству № 2172291 относится к грузоподъемным кранам и предназначено для погрузки и выгрузки железнодорожного подвижного состава, перегрузки груза и других работ. Кран-погрузчик включает портал с балансирными тележками, башню с оголовком, противовесную консоль и стрелу. Один из балансиров каждой ходовой тележки выполнен с вилкой. Другой балансир этой же тележки выполнен с шаровыми элементами, расположенными с возможностью их взаимодействия с вилкой. Каждый из двух концов продольных балок портала выполнен с шарнирно прикрепленными к нему с возможностью поворота в горизонтальной плоскости консолями, которые связаны с балансирными тележками. Башня и оголовок выполнены из листа. Оголовок включает нижнюю часть цилиндрической формы и верхнюю часть в виде усеченной пирамиды. Части оголовка состыкованы между собой посредством пластины, имеющей в поперечном сечении U-образную форму.

Изобретение направлено на повышение надежности и срока службы крана-погрузчика» [2].

Изобретение (кран-манипулятор) по авторскому свидетельству № 2167804 (рисунок 2) относится к технике проведения грузоподъемных операций, монтажных, ремонтных, подсобных и тому подобных работ.

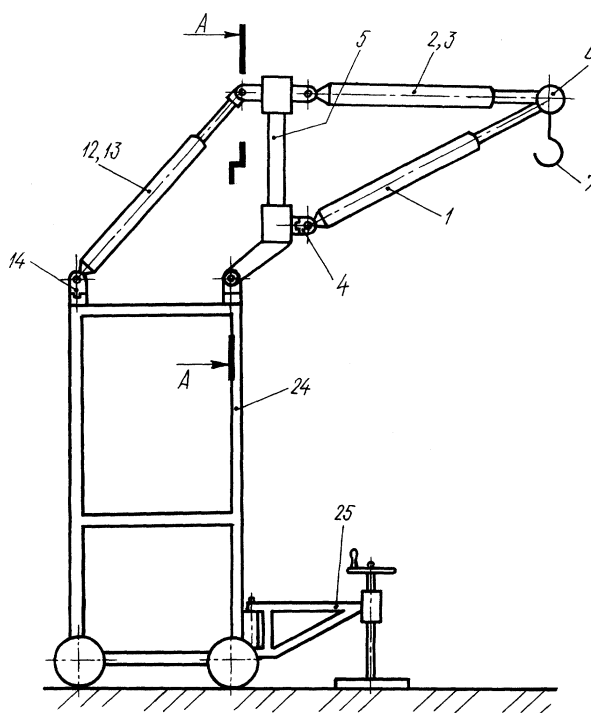


Рисунок 2 – Вид общий крана

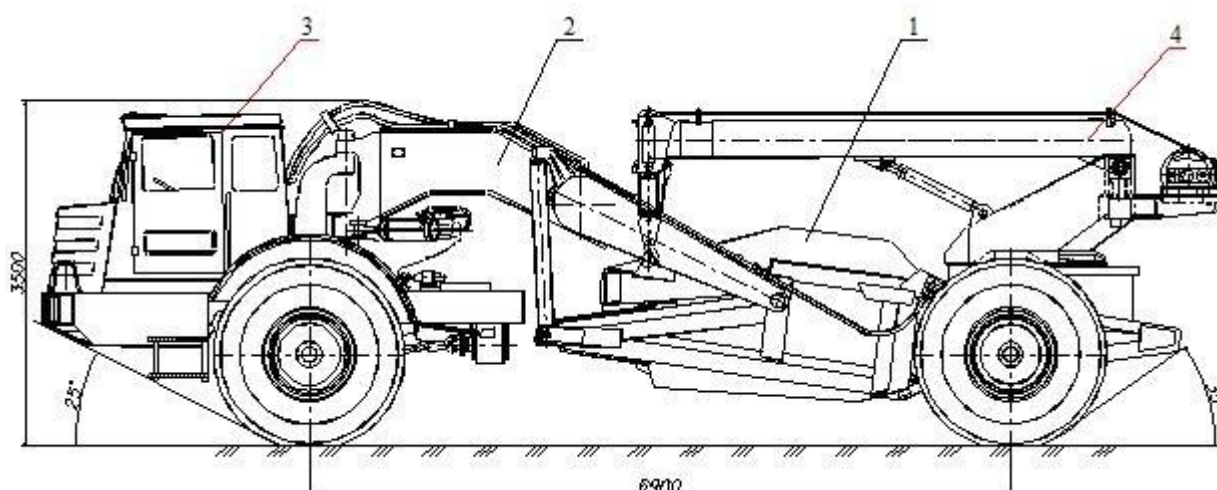
«Кран-манипулятор содержит поворотное основание в виде плоской треугольной фермы и три гидроцилиндра, корпус которых шарнирно закреплен на вершинах основания, а шток соединен с грузозахватным органом.

Кран содержит также два гидроцилиндра поворота основания, расположенные под углом друг к другу, их штоки соединены со стороной основания, противоположащей закрепленной на транспортном средстве вершине. Указанная сторона основания снабжена с одной стороны - двумя независимыми винтами, каждый из которых взаимодействует с гайкой-ползуном, шарнирно соединенной с соответствующим цилиндром, шток

которого соединен со штоками двух других цилиндров, а с другой стороны - винтом с правой и левой резьбой, взаимодействующей с гайками-ползунами, шарнирно соединенными с цилиндрами поворота основания» [2].

В результате проведенного патентно-технического анализа были найдены и проанализированы технические решения по теме погрузчик-манипулятор со стреловым рабочим оборудованием. Анализ найденной патентной информации выявил сильные и слабые стороны предлагаемых решений. На основании этого можно сделать вывод о разрабатываемом решении по модернизации погрузчика-манипулятора.

Погрузчик-манипулятор представляет собой четырехколесную самоходную машину. Общий вид, состав и устройство базовой машины показаны на рисунке 3.



1 – ковш; 2 – упряжные тяги; 3 – тягач; 4 – оборудование рабочее

Рисунок 3 – Общий вид погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ 627К

«Погрузчик-манипулятор состоит из несущих сварных металлоконструкций, а также механических и гидравлических агрегатов (узлов), которые конструктивно объединены в три основные части:

- неповоротная часть: шасси, опорно-поворотное устройство, привод насосов, противовес.

- поворотная часть: рама поворотная, механизм поворота, противовес с запасным колесом,
- стреловое оборудование: стрела, лебедка, грузовой канат, крюковая подвеска.

Стрела с помощью оси крепится к стойкам поворотной рамы, а грузовой канат закрепляется на барабане лебедки.

Гидрооборудование и электрооборудование расположено на неповоротной и поворотной частях погрузчика-манипулятора и на стреловом оборудовании.

Работа всех механизмов погрузчика-манипулятора осуществляется от двигателя тягача. Мощность, отбираемая от двигателя через редуктор отбора мощности шасси и привод насосов посредством рабочей жидкости гидросистемы, передается исполнительным механизмам и гидроцилиндрам крана через пускорегулирующую аппаратуру» [9].

«При этом возможны следующие операции:

- подъем и опускание стрелы;
- поворот поворотной части погрузчика-манипулятора;
- подъем и опускание груза лебедкой» [9].

С помощью пускорегулирующей аппаратуры гидросистемы и управления двигателем шасси можно регулировать скорость движения механизмов.

При этом возможно совмещать рабочие операции «подъем» и «опускание» (стрелы и груза) с вращением поворотной части манипулятора.

Роликовое опорно-поворотное устройство предназначено для осуществления вращения поворотной части погрузчика-манипулятора относительно неповоротной части, а также для передачи всех основных и дополнительных нагрузок, действующих на поворотную часть в процессе работы. Механизм поворота служит для вращения поворотной части крана.

Редуктор механизма поворота планетарный, конструкция которого аналогична конструкции редуктора лебедки.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Тягово-динамический расчет – это методология расчета параметров движения транспортного средства, учитывающая влияние тяговых усилий, сил сопротивления и других динамических факторов на его движение. Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства. Данный расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности

Величина силы тяги должна быть меньше или равна силе свободной тяги тягача:

$$P_m \leq T. \quad (1)$$

Необходимую тягу для заполнения ковша скрепера с элеваторной загрузкой определяют по формуле 1. Общее сопротивление, преодолеваемое тягачом, состоит из двух: сопротивления перемещению груженого скрепера, резанию:

$$W_n = W_1 + W_2 = (G_c + G_{sp}) \cdot (f \pm i) + K \cdot B \cdot h, \quad (2)$$

где G_c, G_{sp} – соответственно силы тяжести порожнего скрепера и грунта

в ковше;

f – коэффициент сопротивления перемещению, принимается равным 0,1 [2];

K – удельное сопротивление резанию грунта ножом скрепера, принимается от 80000 до 100000 Н/м² [2];

h – глубина резания, принимается равной 310 мм [2];

i – уклон дороги, град.

Сила тяжести порожнего самоходного скрепера определяется по формуле:

$$G_c = a_m \cdot g \cdot q, \quad (3)$$

где a_m – удельная материалоемкость самоходного скрепера,

$$a_m = 2,22 \dots 2,5 \text{ т/м}^3$$

$$G_c = 2,5 \cdot 9,8 \cdot 7 = 171,5 \text{ кН.}$$

Вес грунта в ковше определяется по формуле:

$$G_{cp} = q \cdot k_H \cdot g, \quad (4)$$

где k_H – коэффициент наполнения ковша, $k_H = 1,1 \dots 1,2$ [1].

$$G_{cp} = 7 \cdot 1,1 \cdot 9,8 = 75,46 \text{ кН,}$$

$$P_m = (171,5 + 75,46) \cdot 0,1 + 100 \cdot 2,4 \cdot 0,31 = 99,04 \text{ кН.}$$

Найдём свободную силу тяги тягача:

$$T = G_T \cdot \varphi_c, \quad (5)$$

где G_T – сцепная нагрузка на ведущие колеса тягача:

φ_c – коэффициент сцепления движителя с грунтом ненарушенной структуры $\varphi_c = 0,55 \dots 0,65$ [1].

$$G_T = \varphi_o \cdot (G_c + G_{cp}), \quad (6)$$

где φ_o – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на оси скрепера, принимается равным 0,62 [2].

$$G_T = 0,52 \cdot (171,5 + 75,46) = 153,11 \text{ кН},$$

$$T = 153,11 \cdot 0,65 = 99,52 \text{ кН}.$$

Проверим условие:

$$99,52 \text{ кН} \geq 99,04 \text{ кН}.$$

Условие выполняется.

Выполним расчет баланса мощности самоходного скрепера.

«При определении номинальной мощности двигателя скрепера определяющим режимом работы является установившееся движение груженого скрепера по горизонтальной поверхности.

$$N = \frac{(G_c + G_{cp}) \cdot f \cdot v_{cp}}{\eta_m}, \quad (7)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

η_m – КПД трансмиссии скрепера;

v_{cp} – скорость движения груженого скрепера, м/с» [6].

$$N = \frac{(171,5 + 75,46) \cdot 0,035 \cdot 12,2}{0,8} = 131,8 \text{ кВт}.$$

Максимальная скорость по технической характеристике при движении порожнего скрепера составляет 44 км/ч.

«Мощность двигателя N_I , при данном режиме определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{G_c \cdot f \cdot v_{max}}{\eta_m}, \quad (8)$$

где G_c – вес порожнего скрепера, кН;

v_{max} – максимальная скорость скрепера по его технической характеристике, м/с» [6].

$$N_1 = \frac{171,5 \cdot 0,035 \cdot 12,2}{0,8} = 91,5 \text{ кВт.}$$

Теоретическая производительность скрепера по объёму грунта в плотном теле:

$$P_{оэ} = 1000 \cdot B \cdot h \cdot V_{эп}, \quad (9)$$

$$P_{оэ} = 1000 \cdot 2,4 \cdot 0,31 \cdot 1,53 = 1138 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для синхронной работы ножа скрепера и скребкового элеватора необходимо, что бы весь грунт, вырезаемый ножом, подавался в ковш элеватором. Это условие может быть записано следующим образом:

$$P_{мэ} \leq P_{оэ} \quad (10)$$

Производительность теоретическая скребкового элеватора:

$$P_{мэ} = \frac{k_n}{k_p}, \quad (11)$$

$$P_{мэ} = 1138 \cdot 0,58 = 660,04.$$

Условие выполняется.

«Мощность, расходуемая на подъём грунта скребковым элеватором:

$$N_n = \frac{P_{оэ} \cdot \gamma_{зр} \cdot H}{270000 \cdot \eta_u}, \quad (12)$$

где H – высота наполнения ковша, принимается равной 1,8 м ;

η_u – КПД рабочей цепи скребкового элеватора, принимается равным 0,5;

$\gamma_{зр}$ – плотность грунта в разрыхленном состоянии: плотность грунта, $\gamma = 1600..1800 \text{ кг/м}^3$;

k_p – коэффициент разрыхления грунта, принимается равным 1,3» [6].

$$\gamma_{зр} = \frac{\gamma}{k_p}, \quad (13)$$

$$\gamma_{зр} = \frac{1600}{1,3} = 1231 \text{ кг/м}^3.$$

Подставим значения в формулу:

$$N_n = \frac{1138 \cdot 1231 \cdot 1,8}{270000 \cdot 0,5} = 14,52 \text{ кВт.}$$

«Мощность, затрачиваемая на трение грунта, находящегося между скребками элеватора, о грунте в ковше:

$$N_{тр} = \frac{P_{оэ} \cdot \gamma_{зр} \cdot H \cdot \mu_1 \cdot \text{ctg} \alpha}{270000 \cdot \eta_u}, \quad (14)$$

где α – угол наклона скребкового элеватора» [6].

$$N_n = \frac{1138 \cdot 1231 \cdot 1,4 \cdot 0,57 \cdot 1,42}{270000 \cdot 0,5} = 11,75 \text{ кВт.}$$

Общая мощность, затрачиваемая на привод элеватора:

$$N_n = N_{mp} + N_n, \quad (15)$$

$$N_n = 11,75 + 14,52 = 26,2 \text{ кВт.}$$

Составляем баланс мощности:

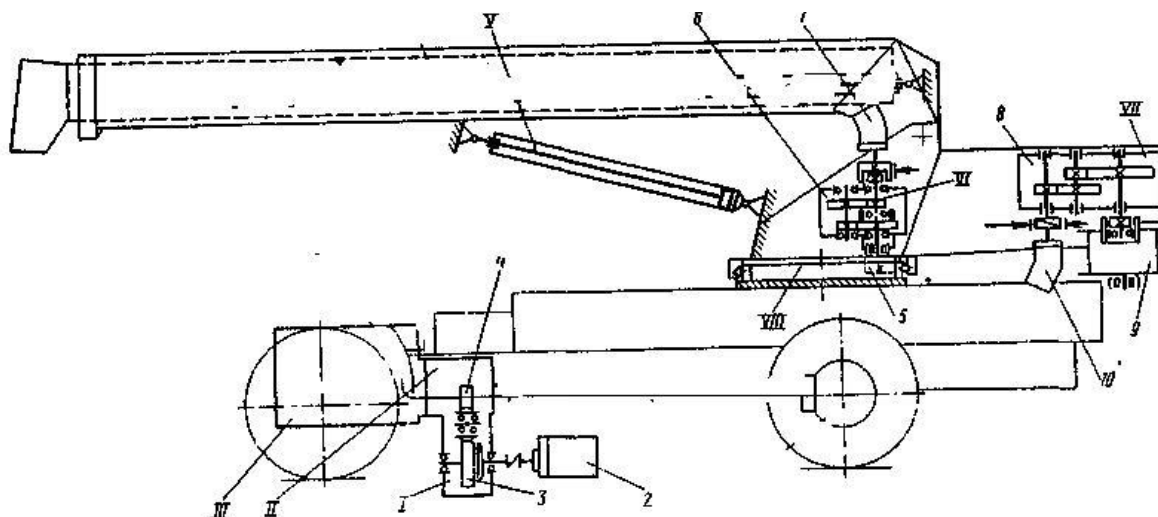
$$N_{E_{max}} \geq N_{mp} + N_n + N_1. \quad (16)$$

Исходя из данного условия, на скрепере достаточно установка двигателя ЯМЗ-238АМ2-1 с номинальной мощностью двигателя 165 кВт.

3 Конструкторская часть

3.1 Расчет гидропривода погрузчика-манипулятора

На рисунке 4 приведена схема гидропривода погрузчика - манипулятора.



I – коробка отбора мощности; II – двигатель базового автомобиля; III – гидроцилиндр подъема стрелы; IV – механизм поворота; V – грузовая лебедка; VII – опорно-поворотное устройство

1 – гидронасос; 2 – 4 – шестерни; 5, 7 – редукторы механизма поворота и грузовой лебедки; 6, 9 – гидромоторы механизма поворота и грузовой лебедки; 8 – барабан грузовой лебедки

Рисунок 4 – Кинематическая схема гидравлического погрузчика-манипулятора

Определим мощность гидромотора грузовой лебедки.

«Необходимая мощность гидромотора грузовой лебедки определяется из выражения:

$$N = \frac{Q \cdot v}{\eta_{np}}, \quad (17)$$

где Q – максимальная грузоподъемность манипулятора, кН;

v – скорость подъема груза, м/с;

η_{np} – общий КПД привода» [21].

«КПД привода разбивается на КПД полиспаста η_n , КПД барабана для наматывания каната с учетом потерь от жесткости каната η_b и КПД редуктора η_p .» [21].

КПД элементов механизмов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – КПД элементов механизмов

Элемент	КПД при подшипниках	
	скольжения	качения
Канатный блок	0,97	0,99
Барабан для наматывания каната (с учетом потерь от жесткости каната)	0,95	0,97
Передаточный вал с обработанными зубчатыми колесами	0,95	0,97
Зубчатая передача:		
– одноступенчатая	0,95	0,97
– двухступенчатая	0,90	0,96
– трехступенчатая	0,85	0,94

$$N = \frac{15}{0,5 \cdot 0,95} = 31,5 \text{ кВт.}$$

По таблице 2 выбирается аксиально-поршневой нерегулируемый гидромотор серии 310.3.112.501-У1.

Таблица 2 – Основные параметры аксиально-поршневых гидронасосов и гидродвигателей (нерегулируемых)

Параметр	Серия 210 (рабочее давление до 20 МПа)							Серия 310 (рабочее давление до 32 МПа)		
	Мощность, кВт									
	6,7	8,4	13	16	25	38	63	26	42	67
Момент, Н·м	28	36	68	86	168	328	690	169	338	677
Частота вращения вала, об/мин	2400	2400	1920	1920	1500	1200	950	1500	1200	960

Выполним выбор полиспаста, каната, барабана и блоков. На стреловых самоходных погрузчиках-манипуляторах, как правило, применяют одинарные полиспасты, представленные на рисунке 5.

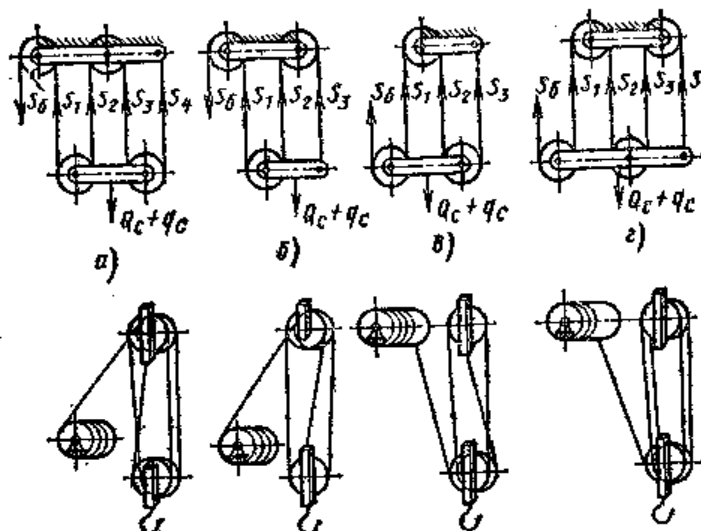


Рисунок 5 – Схемы запасовки каната грузовой лебедки

Ориентировочно, кратность полиспаста выбирается по таблице 3.

Таблица 3 – Кратность полиспаста U_n при различной грузоподъемности

Грузоподъемность, тс	до 1	2-6,3	10-15	20-30
Кратность простого полиспаста U_n	2	2-3	3-4	5-6

Максимальное натяжение в канате, набегающем на барабан при подъеме максимального груза, определяется из выражения

$$S_{\max} = \frac{Q}{U_n} \frac{1 - \eta_0}{(1 - \eta_0^n) \eta_0}, \quad (18)$$

$$S_{\max} = \frac{15}{2} \frac{1 - 0,98}{(1 - 0,98^2) \cdot 0,98} = 5 \text{ кН.}$$

«Канат выбирается по разрывному усилию, согласно «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»:

$$S_p \geq S_{\max} \cdot n_k, \quad (19)$$

где U_k – коэффициент запаса прочности каната, принимаемый по таблице 4» [6].

Таблица 4 – Коэффициенты запаса прочности канатов

Назначение каната	Тип привода и режим работы	Коэффициент запаса прочности канатов
Грузовые и стреловые	Ручной	4,0
	Машинный:	
	– легкий	5,0
	– средний	5,5
	– тяжелый	6,0
	– весьма тяжелый	6,0
Растяжка стрелы	–	3,5
Канаты лебедок, предназначенные для изменения вылета стрелы без груза	–	4,0

$$S_p \geq 5 \cdot 4 = 20 \text{ кН.}$$

По полученному разрывному усилию выбираем канат стальной двойной свивки, типа ЛК-Р, конструкции $6 \times 19(1+6;6+6)+1$ о.с. ГОСТ 7665-69, диаметром d_k равным 11,5 мм и разрывным усилием F_p равным 25 кН.

По номинальной грузоподъемности и режиму работы выбираем крюк однорогий, тип А №12 ГОСТ 6627-74.

3.2 Расчет механизма подъема стрелы

Определим длину и ход штока гидроцилиндра подъема стрелы.

На рисунке 6 представлена расчетная схема для расчета гидроцилиндра подъема стрелы, на которой изображены два крайних (нижнее и верхнее) положения стрелы погрузчика - манипулятора.

Гидроцилиндр закреплен в точке с абсциссой (a) и ординатой (b) относительно начала координат O , расположенного на оси (шарнире) крепления стрелы.

«Максимальный вылет стрелы R_{max} определяется при $\theta=90^\circ$.

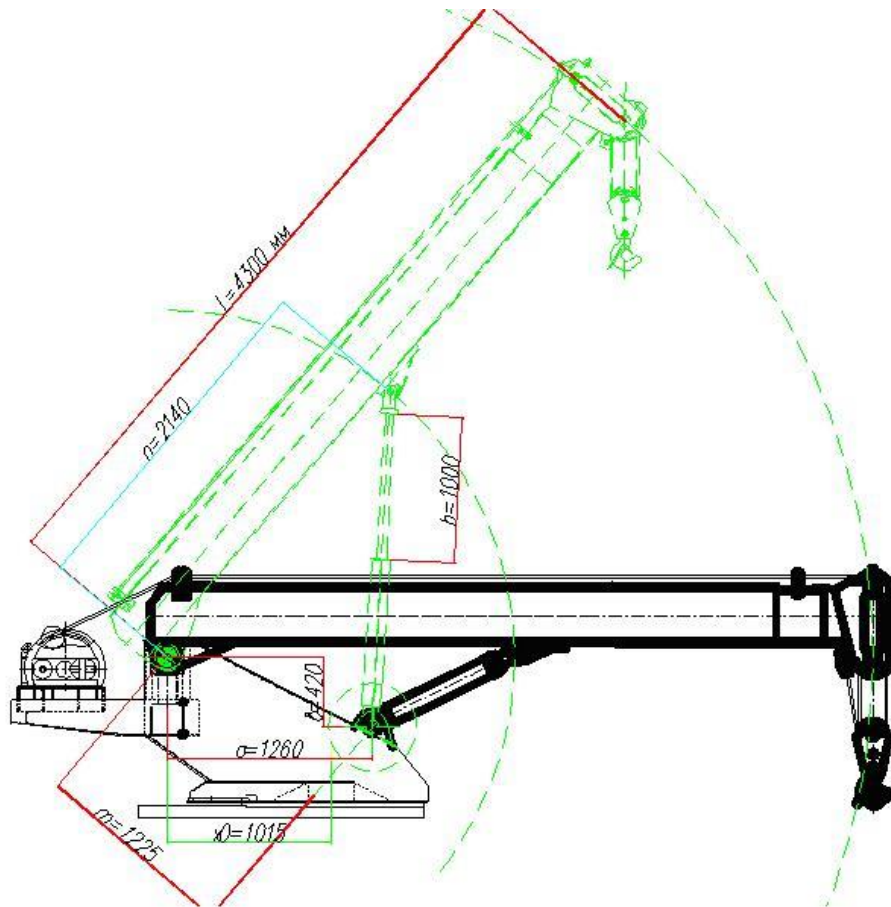


Рисунок 6 – Расчетная схема стрелы

$$R_{max} = L_c \pm x_0, \quad (20)$$

где L_c – длина стрелы, м;

x_0 – положение шарнира стрелы относительно оси вращения поворотной части крана» [6].

$$R_{max} = 4300 - 1015 = 2185 \text{ мм.}$$

Минимальный вылет R_{min} определяется при $\varphi=0$:

$$R_{min} = L_c \cdot \sin \theta_{min} \pm x_0, \quad (21)$$

$$R_{\min} = 4300 \cdot 0 + 1015 = 1015 \text{ мм.}$$

Поскольку R_{\min} задается техническим заданием, то можно определить угол наклона стрелы θ_{\min} :

$$\theta_{\min} = \arcsin \frac{R_{\min} \pm x_0}{L_c}, \quad (22)$$

$$\theta_{\min} = \arcsin \frac{1015 + 3015}{4300} = 43^\circ.$$

Минимальная длина гидроцилиндра будет при нижнем положении стрелы, когда $\theta=90^\circ$:

$$l_{y \min} = (b - k) / \cos \varphi_{\max}. \quad (23)$$

« φ_{\max} определяется из выражения:

$$\varphi_{\max} = \arctg \frac{n - a}{b - k}, \quad (24)$$

где n, k – координаты закрепления верхней точки гидроцилиндра;

a, b – координаты закрепления нижней точки гидроцилиндра» [22].

$$l_{y \min} = (2110 - 1225) / \cos \varphi_{\max} = 934 \text{ мм.}$$

С полностью выдвинутым штоком длина гидроцилиндра:

$$l_{y \max} = b + n \cos \theta_{\min} - k \sin \theta_{\min}, \quad (25)$$

$$l_{y \max} = 2110 + 2140 \cos 43 - 1225 \sin 43 = 2940 \text{ мм.}$$

Ход штока гидроцилиндра:

$$h = l_{y \max} - l_{y \min}, \quad (26)$$

$$h = 2940 - 934 = 994 \text{ мм.}$$

Выбираем ход штока гидроцилиндра подъема стрелы h из стандартного ряда, принимаем равным 1000 мм.

«Определяем нагрузки на гидроцилиндр подъема стрелы. Для определения нагрузки, действующей на гидроцилиндр, составляем уравнения моментов относительно точки закрепления стрелы» [21].

Плечи сил действующих на стрелу при подъеме (опускании) обозначены на рисунке 7.

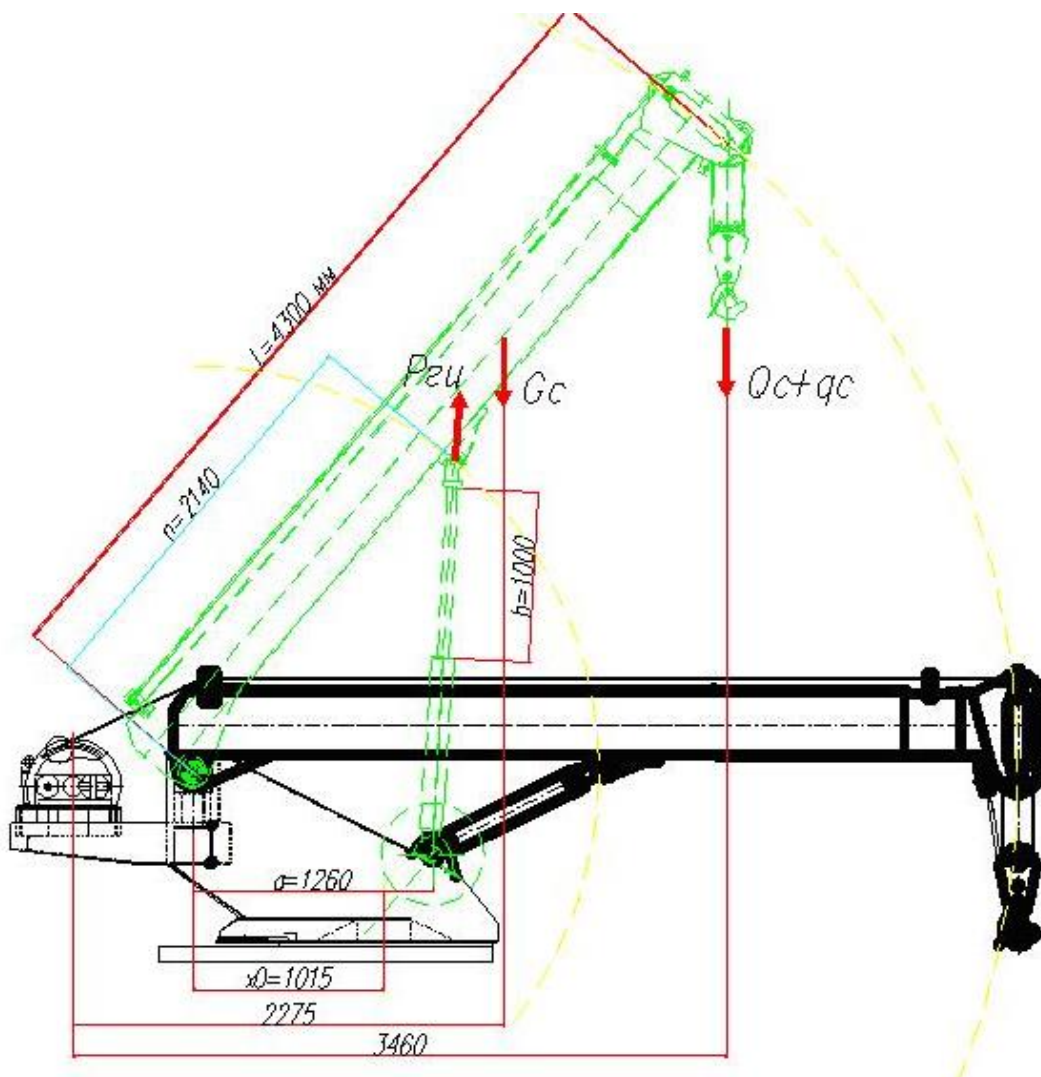


Рисунок 7 – Расчетная схема для определения усилия на гидроцилиндре стрелы

«Уравнения моментов относительно точки закрепления стрелы:

$$\sum M_0 = 0, \quad (27)$$

$$\sum M_0 = (Q_c + q_c) \cdot \left(R \pm x_0 - \frac{d}{U_n \eta_n} \right) + G_c \left(\frac{R \pm x_0}{2} \right) + P_{у.с.} \cdot h_{у.с.} \cdot \cos \theta - S_r = 0,$$

где Q_c – вес груза, Н;

q_c – вес подвесных приспособлений, Н;

G_c – вес стрелы и части стрелового полиспаста, Н;

H – высота оголовка стрелы относительно шарнира стрелы, м;

$h_{у.с.}$ – точка приложения результирующей ветровой нагрузки на стрелу, м;

S – усилие, прилагаемое на гидроцилиндр, Н;

r – плечо приложения усилия гидроцилиндра, м;

d – плечо приложения усилия в канате относительно оси шарнира» [22].

«Плечо приложения усилия от гидроцилиндра находится из следующего выражения:

$$r = \sqrt{\frac{(a^2 + b^2) + (n^2 + k^2) - l_0^2}{2}}, \quad (28)$$

где l_0 – размер гидроцилиндра, м» [22].

$$l_o = l_{у\min} + h, \quad (29)$$

$$l_o = 934 + 1000 = 1934 \text{ мм.}$$

$$r = \sqrt{\frac{(1260^2 + 2110^2) + (2140^2 + 1255^2) - 1934^2}{2}} = 2055 \text{ мм.}$$

Тогда нагрузка на гидроцилиндр будет равна:

$$S = \frac{[(Q_c + q_c) \left(R \pm x_o - \frac{d}{U_n \eta_n} \right) + G_c \left(\frac{R \pm x_o}{2} \right)]}{r}, \quad (30)$$

$$S = \frac{[(15000 + 1250) \left(2050 \pm 1050 - \frac{11}{2 \cdot 0,98} \right) + 15000 \left(\frac{2050 - 1050}{2} \right)]}{2050} = 32073 \text{ Н.}$$

Усилия на штоке гидроцилиндра определяют не менее, чем в трех базовых точках грузовой характеристики при R_{min} , R_{max} и R_{cp} .

«Определив максимальное значение нагрузки на гидроцилиндр, находим диаметр поршня гидроцилиндра подъема:

$$D_{з.п.} = \sqrt{\frac{4S}{P_{ном} \cdot \pi}}, \quad (31)$$

где $P_{ном}$ – номинальное давление в гидросистеме, МПа» [20].

$$D_{з.п.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 32 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 76 \text{ мм.}$$

Округляем вычисленный диаметр гидроцилиндров до значения, регламентируемого ГОСТ 6540-68. Отсюда диаметр гидроцилиндров принимается равным 80 мм.

Зная время полного изменения вылета стрелы t_e , определяется необходимая подача насоса:

$$Q_n = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{h}{t_e}, \quad (32)$$

$$Q_n = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} \cdot \frac{0,8}{6} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

3.3 Определение мощности привода стреловой лебедки

Определяем усилия натяжения стрелового полиспаста. Натяжение стрелового полиспаста S_n определим из уравнения моментов всех сил относительно точки O – оси пяты стрелы (рисунок 8).

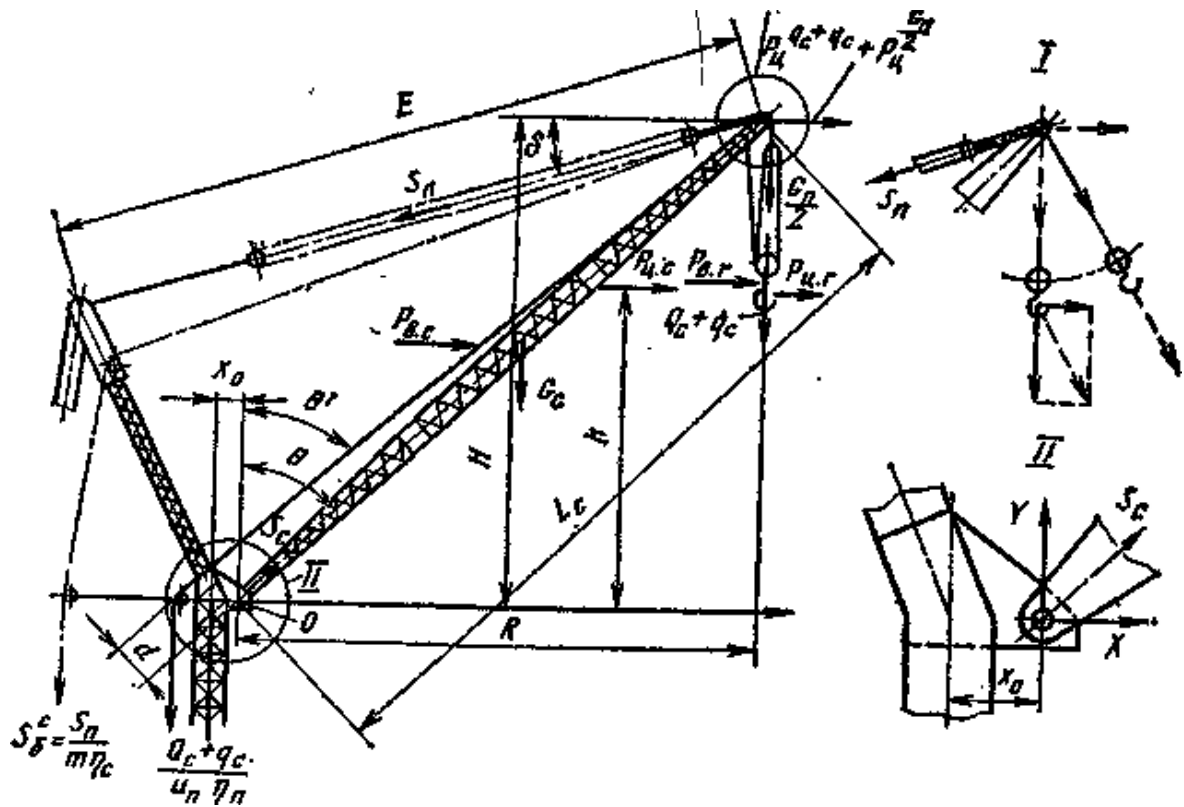


Рисунок 8 – Схема расчета натяжения стрелового полиспаста

«Все горизонтальные силы, включая ветровую нагрузку, приложенные к подвешенному на гибком канате грузу, следует считать приложенными к головке стрелы. Это объясняется тем, что указанные силы вызовут отклонение каната до положения, при котором равнодействующая веса, ветровых нагрузок и инерционных сил будет направлена вдоль каната. Эту равнодействующую можно перенести к головке стрелы и вновь разложить на вертикальную и горизонтальную составляющие» [17].

«Инерционная сила $P'_{ин}$ от половины массы стрелового полиспаста также может быть приложена к головке стрелы. Нормальная инерционная

сила $P_{ин.с.}$ от массы стрелы приложена в ее середине. Центробежная сила $P_{ин.с.}$ от массы стрелы приложена к средней части стрелы на расстоянии $l_{Ц}$ от пяты. Обозначения остальных сил на схеме аналогичны приведенным на рисунке 7. Приложив все нагрузки к стреле крана и решив уравнение моментов относительно точки 0, можно найти натяжение стрелового полиспаста S_n » [17].

$$\begin{aligned} \sum M_0 = (Q_c + q_c)R + \frac{(Q_c + q_c)d}{u_n \eta_n} + G_c \frac{R}{2} + \frac{G_n}{2} R + P_{в.з.} H + P_{в.с.} \frac{H}{2} + \\ + P_{у.з.}^{Q+q} H + P_{у.с.} h + P_{у.с.}^2 \frac{G_n}{2} H - S_n H \cos \delta \pm S_n R \sin \delta = 0. \end{aligned} \quad (33)$$

«Знак «+» перед последним членом относится к положению стрелы, когда стреловой полиспаст имеет наклон от головки стрелы вниз, знак «-» – при обратном наклоне» [6].

Из этого уравнения следует:

$$\begin{aligned} (Q_c + q_c + \frac{G_c}{2} + \frac{G_n}{2})R + \frac{(Q_c + q_c)d}{u_n \eta_n} + \\ + (P_{в.з.} + \frac{P_{в.с.}}{2} + P_{у.з.}^{Q+q} + P_{у.с.} \frac{h}{H} + P_{у.с.}^{G_n/2})P \\ S_n = \frac{H \cos \delta \pm R \sin \delta}{}, \end{aligned} \quad (34)$$

$$S_n = 3,23 \text{ кН.}$$

Определяем мощность гидромотора стреловой лебедки.

«При постоянной скорости наматывания каната на барабан скорость изменения вылета будет переменной, она зависит от продолжительности $t(c)$ перевода стрелы из положения наименьшего вылета в положение наибольшего вылета. Определяя длину полиспаста E для R_{max} , находим ход полиспаста $\Delta E = E_{max} - E_{min}$ и длину наматываемого каната $l_{с.н.} = \Delta E m.$ » [6].

Средняя скорость каната:

$$v_{c.n.} = l_{c.n.} / t. \quad (35)$$

«Натяжение $S_{н.о.}$ концевой ветви каната стрелового полиспаста:

$$S_{н.о.} = S_n / (m \eta_c), \quad (36)$$

где m и η_c – кратность и КПД стрелового полиспаста.

$$S_{н.о.} = 3,24 / (2 \cdot 0,95) = 1,7 \text{ кН.}$$

«Момент внешних сопротивлений:

$$M_c = S_{н.с.} \alpha D_{\delta} / 2, \quad (37)$$

где α – число ветвей каната, одновременно навиваемых на барабан;

D_{δ} – эффективный диаметр навивки каната на барабан лебедки изменения вылета стреловой лебедки» [20].

$$M_c = 1,7 \cdot 2 \cdot 0,04 / 2 = 0,68 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

«Следовательно, мощность гидромотора стреловой лебедки:

$$N = S_{кc} \cdot V_{ск}, \quad (38)$$

$$N = M_c \cdot \omega_{\delta},$$

где ω_{δ} – угловая скорость барабана, рад/с» [4].

$$N = 0,68 \cdot 8 = 5,1 \text{ кВт.}$$

Подбор гидромотора осуществляется аналогично расчету грузовой лебедки.

3.4 Расчет необходимой мощности насосной установки погрузчика - манипулятора

«Мощность насосной установки должна обеспечивать работу погрузчика - манипулятора при совмещении двух операций: подъем груза или стрелы и поворот крана» [4].

При выборе гидронасоса учитывают принятое номинальное давление в проектируемом гидроприводе $P_{НОМ}$ равное 16 МПа.

Определим требуемую подачу насоса исходя из максимального расхода жидкости в контуре.

Из расчётов видно, что максимальный расход рабочей жидкости $Q_{НАП} = Q_1$ равным $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ – это величина расхода рабочей жидкости при подаче её в поршневые полости гидроцилиндров стрелы.

Для выбора насоса используем формулу:

$$q_H = \frac{Q_{Max}}{n_n \cdot \eta_{ом}}, \quad (39)$$

$$q_H = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 0,96} = 109 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Осуществим подбор гидронасоса. Требуемый напор обеспечивают два гидронасоса типа НШ-50А-3 ГОСТ 8753-71. Параметры приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Техническая характеристика гидронасоса НШ-50А-3

Рабочий объём, см ³	Давление на выходе, МПа		Частота вращения вала, с ⁻¹			Ном. подача, л/мин	Масса кг
	Ном.	Макс.	Мин.	Ном.	Макс.		
48,8	16	20	16	20	32	96,2	10

3.5 Расчёт на прочность зубчатого зацепления опорно-поворотного круга

«Выполним расчёт зубчатого зацепления опорно-поворотного круга погрузчика-манипулятора на контактную прочность и изгиб, а также проверим на прочность шарики и беговые дорожки» [2].

Расчёт зубчатого зацепления по контактным напряжениям.

«Расчётное значение контактного напряжения определим по формуле:

$$\sigma_H = \frac{Z_\sigma}{a_w} \sqrt{\frac{K_H \cdot T_1 \cdot (u_\phi - 1)^3}{b_2 \cdot u_\phi}} \leq [\sigma]_H, \quad (40)$$

где $[\sigma]_H$ – допускаемые контактные напряжения для шестерни $[\sigma]_{H1}$ и зубчатого венца $[\sigma]_{H2}$;

Z_σ – для прямозубых передач, принимается равным 9600;

a_w – межосевое расстояние;

K_H – коэффициент нагрузки в расчетах на контактную прочность, принимается равным 1,1;

b_2 – рабочая ширина;

u_ϕ – фактическое передаточное отношение;

T_1 – расчётный крутящий момент на шестерне» [26].

На основе справочных данных принимаем материал шестерни Сталь 40Х, твёрдость $HВ_1=220$ единиц, термообработка - улучшение. Материал зубчатого венца Сталь 55, твёрдость $HВ_2=200$ единиц, термообработка – нормализация.

«Допускаемые контактные напряжения:

– шестерни:

$$\sigma_{HP1} = \frac{0,9 \cdot s_{Hlim1} \cdot Z_{N1}}{S_{H1}}, \quad (41)$$

– зубчатого венца:

$$\sigma_{HP2} = \frac{0,9 \cdot \sigma_{Hlim2} \cdot Z_{N21}}{S_{H21}}, \quad (42)$$

где σ_{Hlim1} и σ_{Hlim2} – пределы контактной выносливости;

Z_{N1} , Z_{N2} – коэффициенты долговечности;

S_{H1} , S_{H2} – коэффициенты запаса прочности, при однородной структуре зуба, принимаются равными 1,2» [30].

$$\sigma_{Hlim1} = 2 \cdot HB_1 + 70 = 2 \cdot 220 + 70 = 510 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{Hlim2} = 2 \cdot HB_2 + 70 = 2 \cdot 220 + 70 = 470 \text{ МПа}.$$

$$Z_N = \sqrt[6]{\frac{N_{hlim}}{N_K}}, \quad (43)$$

где N_{hlim} – базовое число циклов напряжений, соответствующее пределу выносливости, определяется по формуле (44);

N_K – расчётное число циклов напряжений при постоянном режиме нагрузки, определяется по формуле (45).

$$N_{hlim1} = 30 \cdot HB_1^{2,4}, \quad (44)$$

$$N_{hlim1} = 30 \cdot 220^{2,4} = 12558439,8 \text{ циклов},$$

$$N_{hlim2} = 30 \cdot HB_2^{2,4}, \quad (45)$$

$$N_{hlim2} = 30 \cdot 200^{2,4} = 9990638,5 \text{ циклов},$$

$$N_{K1} = 60 \cdot n_1 \cdot c \cdot t, \quad (46)$$

где t – число часов работы передачи за расчётный срок службы, принимается равным 23600 ч.

$$N_{K1} = 60 \cdot 6,2 \cdot 1 \cdot 23600 = 8779200 \text{ циклов,}$$

$$N_{K2} = 60 \cdot n_2 \cdot c \cdot t, \quad (47)$$

$$N_{K2} = 60 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 23600 = 2832000.$$

Тогда:

$$Z_{N1} = \sqrt[6]{\frac{12558439,82}{8779200}} = 1,06,$$

$$Z_{N2} = \sqrt[6]{\frac{9990638,489}{2832000}} = 1,23.$$

$$\sigma_{HP1} = 0,9 \cdot 510 \cdot 1,06 / 1,2 = 405,45 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{HP2} = 0,9 \cdot 470 \cdot 1,23 / 1,2 = 433,57 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{HP} = 0,45 \cdot (405,45 + 433,57) = 377,56 \text{ МПа.} \quad (48)$$

«Расчётный крутящий момент на шестерне определяется:

$$T = \frac{M}{i_p}, \quad (49)$$

где M – момент гидравлического мотора поворотной платформы.

i_p – передаточное число редуктора, равно 403,5.

$$M = M_{cm} + M_{ин}, \quad (50)$$

где M_{cm} – суммарный статический момент сопротивления повороту,

равен 31268,78 Н·м;

$M_{ин}$ – момент от сил инерции с учётом торможения» [30].

«Момент от сил инерции:

$$M_{ин} = \frac{J \cdot \omega}{t_T}, \quad (51)$$

где J – суммарный момент инерции масс механизма поворота, стрелы, поворотной платформы, приведенный к оси вращения, равен 232359,3 кг·м²;

ω – угловая скорость вращения шестерни, равна 1,3 с⁻¹;

t_T – время торможения, равно 3,5 с» [30].

$$M_{ин} = \frac{232359,265 \cdot 1,3}{3,5} = 86304,87 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда:

$$M = 31268,78 + 86304,87 = 117573,65 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда:

$$T = \frac{117573,65}{403,5} = 291,38 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Геометрические параметры передачи: зубчатый венец принятого опорно-поворотного круга имеет следующие характеристики: модуль равен 12 мм, число зубьев равно 94, делительный диаметр равен 1128 мм, ширина рабочей поверхности равна 80 мм.

Найдём предварительное передаточное отношение передачи:

$$u = \frac{n_1}{n_2}, \quad (52)$$

$$u = \frac{6,2}{2} = 3,1.$$

Так как:

$$u = \frac{Z_2}{Z_1}, \quad (53)$$

$$Z_1 = \frac{Z_2}{u},$$

$$Z_1 = \frac{94}{3,1} = 30,3.$$

Принимаем Z_1 равным 30 зубьев.

Делительный диаметр шестерни:

$$d_{w1} = Z_1 \cdot m, \quad (54)$$

$$d_{w1} = 30 \cdot 12 = 360 \text{ мм.}$$

Исходя из рекомендаций межосевое расстояние передачи для внутреннего зацепления можно определить по формуле:

$$a_w = \frac{(d_{w2} - d_{w1})}{2}, \quad (55)$$

$$a_w = \frac{(1128 - 360)}{2} = 384 \text{ мм.}$$

Диаметры окружностей вершин и впадин зубьев колёс внутреннего зацепления определяются по формулам (56, 57, 58, 59):

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot (1 + X_1) \cdot m, \quad (56)$$

$$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot (1,25 - X_1) \cdot m, \quad (57)$$

$$d_{a2} = d_{w2} - 2 \cdot (1 - X_2 - 0,2) \cdot m, \quad (58)$$

$$d_{f2} = d_{w2} + 2 \cdot (1,25 - X2) \cdot m, \quad (59)$$

где $X1$ и $X2$ – коэффициенты смещения у шестерни и зубчатого венца.

$$d_{a1} = 360 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 12 = 384 \text{ мм},$$

$$d_{f1} = 360 - 2 \cdot (1,25 - 0) \cdot 12 = 330 \text{ мм},$$

$$d_{a2} = 1128 - 2 \cdot (1 - 0 - 0,2) \cdot 12 = 1108,8 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = 1128 + 2 \cdot (1,25 - 0) \cdot 12 = 1158 \text{ мм}.$$

Фактическое передаточное число:

$$u_{\phi} = \frac{Z_2}{Z_1}, \quad (60)$$

$$u_{\phi} = \frac{94}{30} = 3,13.$$

Тогда:

$$\sigma_H = \frac{9600}{384} \sqrt{\frac{1,1 \cdot 291,38 \cdot (3,13 - 1)^3}{80 \cdot 3,13}} = 87,926 \text{ МПа} < [\sigma]_H = 377,56 \text{ МПа}.$$

Прочность обеспечена.

3.6 Расчёт зубчатого зацепления по напряжениям изгиба

Расчётное напряжение изгиба определяется по формуле:

– в зубьях зубчатого венца:

$$\sigma_{F2} = \frac{K_F \cdot F_t}{b_2 \cdot m} \cdot Y_{FS2} \cdot Y_{\beta} \cdot Y_{\varepsilon} \leq [\sigma]_{FP2}. \quad (61)$$

– в зубьях шестерни:

$$\sigma_{F1} = \frac{\sigma_{F2} \cdot Y_{FS1}}{Y_{FS2}} \leq [\sigma]_{FP2}, \quad (62)$$

где $[\sigma]_{FP1}$ и $[\sigma]_{FP2}$ – допускаемые напряжения изгиба.

Допускаемые напряжения изгиба:

– шестерни:

$$[\sigma]_{FP1} = \frac{\sigma_{F2lim1} \cdot Y_{N1} \cdot Y_{A1}}{S_{F1}}, \quad (63)$$

– «зубчатого венца:

$$[\sigma]_{FP2} = \frac{\sigma_{F2lim2} \cdot Y_{N2} \cdot Y_{A2}}{S_{F2}}, \quad (64)$$

где σ_{Flim1} и σ_{Flim2} – пределы изгибной выносливости;

S_{F1} , S_{F2} – коэффициенты запаса прочности, принимается равным 1,7;

Y_{A1} и Y_{A2} – координаты, учитывающие влияния двухстороннего приложения нагрузки к шестерни и колесу. При двухсторонней нагрузке принимается равным 0,65;

Y_{N1} и Y_{N2} – коэффициенты долговечности.

K_F – коэффициент нагрузки при расчёте по напряжениям изгиба, принимается равным 1,57;

F_t – окружная сила в зубчатом зацеплении.

$$\sigma_{Flim} = 1,75 \cdot HB, \quad (65)$$

$$\sigma_{Flim1} = 1,75 \cdot 220 = 385 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{Flim2} = 1,75 \cdot 200 = 350 \text{ МПа}.$$

$$Y_N = \sqrt[6]{\frac{N_{F\sigma}}{N_K}}, \quad (66)$$

где b – для зубчатых колёс с односторонней структурой материала;

$N_{F\sigma}$ – базовое число циклов перемены напряжений, принимается равным $4 \cdot 10^6$;

N_k – расчётное число циклов напряжений при постоянном режиме нагрузки» [27].

Тогда:

$$Y_{N1} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{8779200}} = 0,8,$$

$$Y_{N2} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{2832000}} = 1.$$

«Тогда:

$$[\sigma]_{FP1} = \frac{385 \cdot 0,8 \cdot 0,65}{1,7} = 117,7 \text{ МПа},$$

$$[\sigma]_{FP2} = \frac{350 \cdot 1 \cdot 0,65}{1,7} = 133,8 \text{ МПа}.$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{d_{w1}}, \quad (67)$$

где Y_β – коэффициент, учитывающий угол наклона зуба, для прямозубой передачи принимается равным 1;

Y_ε – коэффициент, учитывающий перекрытие зубьев, для прямозубой передачи принимается равным 1;

Y_{FS} – коэффициент, учитывающий форму зуба и концентрацию напряжений, для шестерни принимается равным 3,9, для колеса принимается равным 3,61» [27].

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 291,38}{360} = 1618,78 \text{ Н.}$$

Тогда:

$$\sigma_{F1} = \frac{10,33 \cdot 3,9}{3,61} = 11,16 \text{ МПа} < [\sigma]_{FP2} = 117,7 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{F1} = \frac{1,57 \cdot 1618,8}{80 \cdot 12} \cdot 3,9 \cdot 1 \cdot 1 = 10,33 \text{ МПа} < [\sigma]_{FP2} = 133,8 \text{ МПа.}$$

Прочность обеспечена.

3.7 Проверка шариков и беговых дорожек на контактную прочность

«Проверку проводим по формуле:

$$\sigma_{MAX} = \sqrt[3]{\frac{N \cdot E^2}{\rho_{PP}^2}} \leq [\sigma]_K, \quad (68)$$

где $[\sigma]_K$ – допускаемые контактные напряжения. Их величина для дорожек качения колец из кованных и прокатных заготовок стали марки 55, закалённых до твёрдости 55-60 HRC, на глубину 5 мм составляет 2800 МПа;

E – модуль упругости стали, принимается равным $2 \cdot 10^5$ МПа;

ρ_{pp} – приведенный радиус кривизны» [6], который определяется по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}, \quad (69)$$

где ρ_1 – радиус шарика, который определяется по формуле (70):

ρ_2 – радиус кривизны беговой дорожки, который определяется по формуле (71).

$$\rho_1 = \frac{d}{2}, \quad (70)$$

$$\rho_1 = \frac{2,57}{2} = 1,285 \text{ см},$$

$$\rho_2 = (0,51 \dots 0,62)d, \quad (71)$$

$$\rho_2 = 0,6 \cdot 2,57 = 1,542 \text{ см},$$

$$\rho = \frac{1,285 \cdot 1,542}{1,542 - 1,285} = 7,71 \text{ см}.$$

«Максимальная реакция на шарик, определяемая по формуле:

$$N = \left(V_v + 4,5 \cdot \frac{M}{D_{cp}} \right) \cdot \frac{1}{n \cdot \cos \beta}, \quad (72)$$

где V_v – наибольшая вертикальная реакция от действующих сил, принимается равной 139851,36 Н;

M – наибольший момент, действующий на шариковый опорно-поворотный круг, принимается равным 206282,228 Н·м;

D_{cp} – средний диаметр опорно-поворотного круга по центрам шариков, принимается равным 1,295 м;

n – количество шариков, принимается равным 278 штук;

β – угол между реакцией шарика и вертикалью, принимается равным 45° » [22].

$$N = \left(139851,4 + 4,5 \cdot \frac{206282,2}{1,295} \right) \cdot \frac{1}{278 \cdot \cos 45^\circ} = 4358,6 \text{ Н}.$$

Тогда:

$$\sigma_{MAX} = \sqrt[3]{\frac{4358,6 \cdot (2,1 \cdot 10^{11})^2}{(7,71 \cdot 10^{-2})^2}} = 1244 \text{ МПа} < [\sigma]_K = 2800 \text{ МПа.}$$

Прочность обеспечена.

3.8 Расчет крепления пальца гидроцилиндра стрелы

Расчёт пальцев крепления гидроцилиндра и канатных блоков производим по изгибному моменту, а затем проверяем их на срез.

Составляем расчётную схему для определения диаметра пальца крепления гидроцилиндра (рисунок 9).

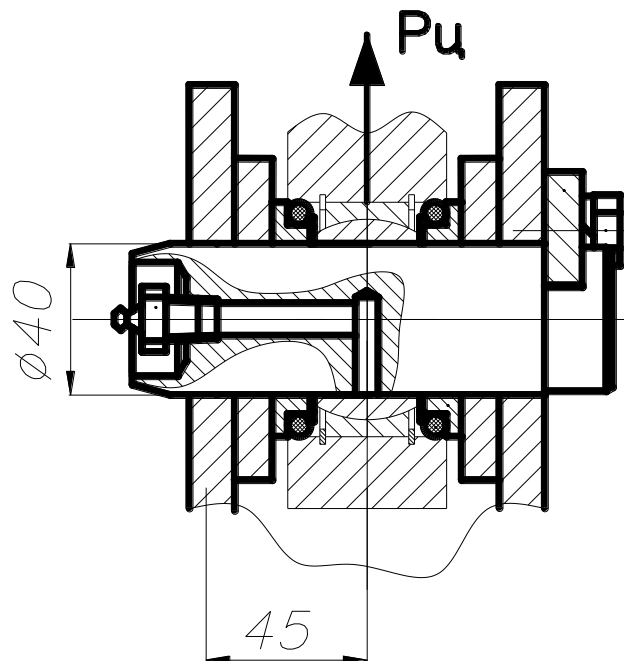


Рисунок 9 – Расчётная схема для определения диаметра пальца крепления гидроцилиндра

«Диаметр пальца определим по формуле:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{изг}}{0,1 \cdot [\sigma]_T}}, \quad (73)$$

где d – диаметр пальца, м;

$M_{изг}$ – изгибающий момент действующий на палец, кН·м;

$[\sigma]_T$ – предел текучести материала, Па» [23].

Пальцы изготавливаем из стали 45, предел текучести которой равен 360 МПа.

«Изгибающий момент равен:

$$M_{изг} = P_{ц} \cdot l, \quad (74)$$

где l – плечо действия силы $P_{ц}$, м» [23].

$$M_{изг} = 120 \cdot 0,045 = 5,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Принимаем диаметр равный диаметру посадочного отверстия в проушине гидроцилиндра 40 мм.

«Проверим палец на срез:

$$\tau = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\tau] P_{ц} \cdot l, \quad (75)$$

где d – диаметр пальца;

F – сила, действующая на палец (перпендикулярная оси пальца);

$[\tau]$ – допускаемое напряжение материала на срез.

Предел прочности стали на срез определяется по формуле:

$$[\tau]_{сп} = 0,25 \cdot [\sigma]_T, \quad (76)$$

где $[\sigma]_T$ – предел текучести стали» [22].

$$[\tau]_{cp} = 0,25 \cdot 360 = 90 \text{ МПа.}$$

Сила, действующая на палец равна усилию на штоке гидроцилиндра, соответственно равна 120 кН.

$$\tau = \frac{4 \cdot 120 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,04^2} = 95,5 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа.}$$

Из указанного выше условия следует, что принятый диаметр пальца удовлетворяет условиям прочности.

Спецификация на скрепер, оборудование рабочее представлена в Приложении А (рисунки А.1-А.4).

Выводы по разделу.

Произведен расчет основных параметров погрузчика – манипулятора, рассчитаны механизмы подъема рабочего оборудования и механизм поворота. Был произведен расчет на прочность элементов конструкции проектируемого оборудования.

4 Технологический раздел

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства. Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов. Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

- требования к качеству продукции: необходимо выбрать технологию, которая обеспечит высокое качество сборки изделий и минимизирует возможность дефектов;
- сроки производства: выбор технологии должен обеспечить выполнение заказов в заданные сроки и обеспечить эффективность процесса сборки;

- себестоимость производства: необходимо выбрать технологию, которая позволит снизить затраты на производство и повысить прибыльность предприятия;
- объем производства: технология должна быть масштабируемой и способной обеспечить производство большого количества изделий;
- технические возможности оборудования: необходимо учитывать наличие необходимого оборудования и его технические характеристики при выборе технологии сборки.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбор технологического процесса сборки должен быть обоснован и основан на комплексном анализе всех аспектов производства.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции. Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки. В случае со сборкой механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку – мелкосерийное производство.

«При мелкосерийном производстве используется стационарная непоточная сборка с разделением процесса на узловую и общую сборку. Работы выполняются бригадами рабочих, специализирующихся в соответствующих областях сборки. Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (77)$$

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» [16].

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

После этапа разработки создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта.

«План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [21].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Поднять раму поворотную в сборе при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	3
Установить раму поворотную в сборе на сборочную площадку	2
Осмотреть раму поворотную в сборе на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов,	5

Продолжение таблицы 6

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам	
Взять прокладку	0,2
Осмотреть прокладку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить прокладку на раму поворотную в сборе	0,5
Поднять редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СНОВСТPS при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	2
Осмотреть редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СНОВСТPS на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии редуктора заданным стандартам	3
Установить редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СНОВСТPS на раму поворотную в сборе	10
Взять болт М16-6g×45 (12 шт.), шайбу 16 ОСТ 37.001.144-96 (12 шт.)	0,2
Зафиксировать редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СНОВСТPS на раме поворотной при помощи болтов и шайб	4
Взять гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95	0,2
Осмотреть гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95 на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии гидромотора заданным стандартам	3
Взять кольцо круглое уплотнительное	0,1
Осмотреть кольцо круглое уплотнительное на наличие трещин или повреждений	0,3
Установить кольцо круглое уплотнительное на гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95	0,2
Взять шпонку	0,1
Установить гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95 на редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СНОВСТPS при помощи шпонки	3
Подключить гидравлические шланги	10
Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости	60
Итого:	104,3

Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (78)$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (79)$$

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

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

$$t_{ит}^{общ} = 104,3 + 104,3 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 112,64 \text{ мин.}$$

4.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 7.

Таблица 7 – Технологический процесс сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Поднять раму поворотную в сборе при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента	44,3
		2	Установить раму поворотную в сборе на сборочную площадку		
		3	Осмотреть раму поворотную в сборе на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину,		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам		
		4	Взять прокладку		
		5	Осмотреть прокладку на наличие трещин или повреждений		
		6	Установить прокладку на раму поворотную в сборе		
		7	Поднять редуктор поворота 7T063FOZZ1C1044CH OBCTPS при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В		
		8	Осмотреть редуктор поворота 7T063FOZZ1C1044CH OBCTPS на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии редуктора заданным стандартам		
		9	Установить редуктор поворота 7T063FOZZ1C1044CH OBCTPS на раму поворотную в сборе		
		10	Взять болт М16-6g×45 (12 шт.), шайбу 16 ОСТ 37.001.144-96 (12 шт.)		
		11	Зафиксировать редуктор поворота 7T063FOZZ1C1044CH		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			ОВСТПС на раме поворотной при помощи болтов и шайб		
		11	Взять гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95		
		12	Осмотреть гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95 на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии гидромотора заданным стандартам		
		13	Взять кольцо круглое уплотнительное		
		14	Осмотреть кольцо круглое уплотнительное на наличие трещин или повреждений		
		15	Установить кольцо круглое уплотнительное на гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95		
		16	Взять шпонку		
		17	Установить гидромотор 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95 на редуктор поворота 7Т063FOZZ1С1044СН ОВСТПС при помощи шпонки		
		18	Подключить гидравлические шланги		

Продолжение таблицы 7

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости	–	60

Технологическая схема сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, разработан технологический процесс сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

Производственная и экологическая безопасность играют ключевую роль при разработке и реализации любого дипломного проекта.

Ниже перечислены основные меры, которые могут быть применены для обеспечения безопасности производства и окружающей среды в рамках дипломного проекта:

- использование безопасного оборудования и технологий: необходимо убедиться, что все используемые в проекте материалы, оборудование и технологии соответствуют безопасным стандартам и требованиям;
- обучение персонала: все участники проекта должны быть обучены правилам безопасного труда и экологической ответственности;
- соблюдение законов и нормативов: необходимо следить за тем, чтобы все действия в рамках проекта соответствовали законодательству в области охраны труда и охраны окружающей среды;
- выбор экологически безопасных материалов: при проектировании и изготовлении продукции необходимо отдавать предпочтение материалам, которые меньше вредят окружающей среде;
- ответственная утилизация отходов: необходимо правильно управлять отходами, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

В настоящее время проявляется все больший интерес к человеческим ресурсам, и условия работы на производстве стали более благоприятными и обеспечивают высокие стандарты по охране труда. В перспективе благополучие работников становится источником стабильности, процветания и повышения производительности.

Согласно статистике, затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте в различных странах колеблются от 2,6% до 3,8% от валового национального продукта.

Затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте могут включать в себя следующие расходы:

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте.

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

5.1 Описание технологического процесса сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 8).

Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или подлежащих обязательному сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 8 – Технологический паспорт технологического процесса сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность сотрудника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К	1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Монтаж редуктора поворота 7T063FOZZ1C104 4СНОВСТPS в сборе на раму поворотную. 3 Установка гидромотора 310.3.56.00.06 ГУ-1.020.100-95 и подключение гидравлики. 4 Регулировка и испытание	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда, слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важно проводить анализ идентификации профессиональных рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной профессиональных рисков. Это может включать физические,

химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости.

Идентификация профессиональных рисков позволит организации эффективно управлять ими, минимизировать потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников и обеспечить бесперебойное функционирование

Таблица 9 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К.

Таблица 9 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Монтаж редуктора поворота 7T063FOZZ1C1044СНОВСТPS в сборе на раму поворотную.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования
3 Установка гидромотора 310.3.56.00.06 ТУ-1.020.100-95 и подключение гидравлики.	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]
4 Регулировка и испытание	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент

Продолжение таблицы 9

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [7]
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [16].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7].	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;
- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;
- соответствие условий труда нормативным требованиям;

- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

Для более глубокого понимания рабочих процессов и принятия обоснованных решений необходимо проводить обучение персонала. Правильное планирование рабочих задач способствует снижению рисков и уменьшает вероятность возникновения проблем в рабочей сфере.

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках.

Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 10.

Таблица 10 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия:	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015 	
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> – проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом; – обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей. – регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум; – организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине; – проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума; – внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие экраны. 	«Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [20].
Возможность поражения электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> – обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться с электрическими приборами, как избегать контакта с 	«Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [15].

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>обнаженными проводами и как правильно использовать средства защиты;</p> <ul style="list-style-type: none"> – проведение регулярных инструктажей и тренировок по безопасной работе с электричеством. Это поможет сотрудникам освежить знания и навыки, а также позволит им узнать о последних изменениях в правилах безопасности; – установка специального оборудования и средств защиты на рабочих местах. Это могут быть изоляционные материалы, предохранители, заземляющие устройства и другие средства, которые помогут предотвратить поражение электрическим током; – проведение регулярной проверки электрооборудования и проводов на предмет повреждений и износа. Это позволит выявить потенциально опасные ситуации и предотвратить аварии; – организация системы контроля за соблюдением правил безопасности при работе с электричеством. Это может включать в себя проведение аудитов, проверок и инспекций, а также наказание за нарушения правил; – проведение регулярных медицинских осмотров сотрудников, работающих с электричеством. Это позволит выявить возможные заболевания или состояния, которые могут увеличить риск поражения электрическим током; – создание системы экстренной помощи и обучение 	

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>сотрудников оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия.</p>	
«Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> – организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них; – установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения. 	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [7]. 	–
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что сделает их работу более интересной и 	–

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>разнообразной;</p> <ul style="list-style-type: none"> – ротация рабочих мест: периодическое изменение рабочих обязанностей и рабочих мест поможет работникам избежать монотонности и рутины, а также приобрести новый опыт и знания. – внедрение новых технологий и методов работы: использование современных технологий и инструментов поможет сотрудникам выполнять свою работу более эффективно и интересно; – организация командных проектов и задач: работа в команде над общим проектом или задачей способствует разнообразию и дает возможность общения и взаимодействия с коллегами; – проведение корпоративных мероприятий и мероприятий по «team building»: организация различных мероприятий, таких как выездные тренинги, корпоративные вечеринки, спортивные соревнования и так далее, поможет работникам расслабиться, отдохнуть и наладить отношения с коллегами; – поддержка и стимулирование саморазвития: компания может предоставлять сотрудникам доступ к литературе, курсам и тренингам по саморазвитию и личностному росту, что поможет им расширить свои горизонты и избежать монотонности в работе. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики

реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

План пожарной безопасности содержит рекомендации, позволяющие всем на рабочем месте знать, что делать, чтобы свести к минимуму ущерб, причиненный пожаром. Это важный документ, необходимый для любого здания, содержащий важную информацию о том, как бороться с пожаром.

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 11).

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Участок сборки»	Технологическое оборудование, применяемое в зоне сборки	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» [7].

«В статье 42 Федерального закона 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» [16].

«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» [16].

Разработка планов действий для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара. В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение

пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К и заносим мероприятия по пожарной безопасности в таблицу 12.

Таблица 12 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно 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» [20]
«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» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
«Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«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» [7]

Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной

- ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты;
- информировать сотрудников об опасностях материалов и процессов, которым они подвергаются;
 - пересмотреть с каждым новым сотрудником те части плана противопожарной защиты, которые сотрудник должен знать, чтобы защититься в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
 - регулярно и надлежащим образом обслуживать оборудование или системы, установленные на тепловыделяющем оборудовании, чтобы предотвратить случайное возгорание горючих материалов.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений.

Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс.

Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье.

Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию.

Повышение энергоэффективности имеет жизненно важное значение для сокращения выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение энергоэффективных технологий – шаги к экологической безопасности.

Транспорт вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду.

Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы.

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии, поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при сборке механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К и сведем их в таблицу 13.

Таблица 13 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Сборка механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К	«Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности проекта разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки механизма поворота погрузчика-манипулятора на базе скрепера САТ-627К; выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения; идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; идентифицированы экологические факторы, и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

6.1 Расчет стоимости модернизированного скрепера

Перечень деталей, необходимых для сборки, приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень деталей на сборку оборудования

Наименование детали	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80	2	10000	20000
Ресивер РВ270.11.02	1	32989	32989
Компрессор ЯМЗ	1	20000	20000
Трубопроводы	1	1500	1500
Крышка подшипника	5	230	1150
Гидромотор	1	12000	12000
Болт М8×1,25-6gh70.58	6	5	30
Винт М8 6g 5	4	3	12
Винт М10х1,5-6ех45.58	4	3	12
Подшипник 215 ГОСТ 8338-75	2	1260	2520
Подшипник 1310 ГОСТ 28428-90	2	607	1214
Винт М12×15-6ех30.60	8	3	24
Винт М8×1,25-6g30	7	4	28
Гайка М56-6Н	1	3	3
Гайка М8-1.25-6Н.5	6	0,50	3
Кольцо А70	2	5	10
Итого:			91495

Заработная плата работников, занимавшихся сборкой, находится по следующей формуле:

$$ЗП_{слесаря}^{скр} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168} n_c T n_p, \quad (80)$$

где $ЗП_{за\ месяц}$ – заработная плата за месяц слесаря, принимается по данным Росстата 78432 р.;

168 – месячный фонд рабочего времени;

n_c – количество смен на сборку и навешивание навесного оборудования, принимается равным 2 сменам;

T – продолжительность смены, принимается равным 8 часам;

n_p – количество работников, требующихся на сборку, принимается равным 3 работникам.

Тогда:

$$ЗП_{слесаря}^{скр} = \frac{78432}{168} \cdot 2 \cdot 8 \cdot 3 = 22409,14 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы работников, занятых сборкой, включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления от заработной платы работников, занятых сборкой, находятся по следующей формуле [18]

$$ОТЧ_{з/пл.} = ЗП_{слесаря}^{скр} \cdot 0,346, \quad (81)$$

$$ОТЧ_{з/пл.} = 22409,14 \cdot 0,346 = 7753,56 \text{ р.}$$

Накладные расходы, включаемые в стоимость оборудования, находятся по следующей формуле [18]:

$$НР = \frac{ЗП_{слесаря}^{скр} \cdot \%_{накл.расходы}}{100}, \quad (82)$$

где $\%_{накл.расходы}$ – накладные расходы, принимаются равными 120%.

Сумма накладных расходов составит:

$$НР = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Стоимость оборудования с установкой находится по следующей формуле [18]:

$$C_{\text{нав/об.с уст}} = C_{\text{итого}} + 3П_{\text{слесаря}}^{\text{скр}} + ОТЧ_{\text{з/пл.}} + НР, \quad (83)$$

где $C_{\text{итого}}$ – итоговая стоимость.

$$C_{\text{нав/об.с уст}} = 91495 + 22409,14 + 7753,56 + 26890,97 = 148548,67 \text{ р.}$$

На основании проведенных расчетов тоговая стоимость составляет 148548,67 руб.

6.2 Расчёт стоимости машино-смены базового скрепера

Стоимость машино-смены базового скрепера находится по следующей формуле:

$$C_{\text{м-с}} = 3П_{\text{водителя}} + ОТЧ_{\text{з/пл.}}^{\text{водителя}} + T_m + \%_{\text{см.м}} + C_{\text{ТОиТР}} + A + НР; \quad (84)$$

где $3П_{\text{водителя}}$ – заработная плата водителя, работающего на скрепере;

$ОТЧ_{\text{з/пл.}}^{\text{водителя}}$ – отчисления от заработной платы водителя;

T_m – стоимость топлива;

$C_{\text{ТОиТР}}$ – стоимость технического обслуживания и текущего ремонта;

$\%_{\text{см.м}}$ – смазочные материалы (принимаются 5% от стоимости топлива);

A – амортизация скрепера;

$НР$ – накладные расходы.

Заработная плата водителя, работающего на скрепере, находится по формуле:

$$3П_{\text{водителя}} = \frac{3П_{\text{за месяц}}}{168} T, \quad (85)$$

где $3П_{\text{за месяц}}$ – зарплата за месяц водителя.

Тогда:

$$ЗП_{\text{водителя}} = \frac{78432}{168} \cdot 8 = 3734,85 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы водителя включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} ОТЧ_{з/пл.} &= ЗП_{\text{водителя}} \cdot 0,346, \\ ОТЧ_{з/пл.} &= 3734,85 \cdot 0,346 = 1292,25 \text{ р.} \end{aligned} \quad (86)$$

Стоимость топлива определяется по следующей формуле:

$$T_m = T_{н.р} \cdot T \cdot C_{\text{топл}}, \quad (87)$$

где $T_{н.р}$ – норма расхода топлива, составляет 18,5 л/ч.;

T – продолжительность смены, принимается равным 8 ч.;

$C_{\text{топл}}$ – стоимость дизельного топлива по данным Самарстата по состоянию 1 мая 2024 составляет 56,84 р.

Тогда:

$$T_m = 18,5 \cdot 8 \cdot 56,84 = 8412,32 \text{ р.}$$

Стоимость технического обслуживания и текущего ремонта находится по следующей формуле:

$$C_{ТОиТР} = \frac{(N_{ТО}t_{ТО} + N_{ТР}t_{ТР})ЗП_{слесаря}^{час}}{160}; \quad (88)$$

где $N_{ТО}$ – количество технического обслуживания скрепера в год, принимается равным 55 раз;

$t_{ТО}$ – продолжительность одного технического обслуживания, принимается равным 5 ч.;

$N_{ТР}$ – количество текущего ремонта скрепера в год, принимается равным 1 раз;

$t_{ТР}$ – продолжительность одного текущего ремонта, принимается равным 145 ч.;

$ЗП_{слесаря}^{час}$ – часовая зарплата слесаря.

Часовая зарплата слесаря находится по следующей формуле:

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168}, \quad (89)$$

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{78432}{168} = 466,86 \text{ р./ч.}$$

Тогда по формуле найдем стоимость технического обслуживания и текущего ремонта:

$$C_{ТОиТР} = \frac{(55 \cdot 5 + 1 \cdot 145) \cdot 466,86}{160} = 1225,5 \text{ р.}$$

Амортизация базового скрепера находится по следующей формуле:

$$A = \frac{C_{скр} \cdot 10\%}{100\% \cdot 160}, \quad (90)$$

где $C_{скр}$ – стоимость скрепера МоАЗ-6014, составляет 5000000 р.

Тогда:

$$A = \frac{5000000 \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} = 3125 \text{ р.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$HP = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Таким образом, стоимость машино-смены скрепера найдем по формуле.

$$C_{м-с} = 3734,85 + 1292,25 + 8412,32 + 420,62 + 1225,5 + 3125 + 26890,97 = 45101,51 \text{ р.}$$

Себестоимость работ базового скрепера определяется по следующей формуле:

$$c = \frac{C_{м-с}}{P_3^{баз}}, \quad (91)$$

где $P_3^{баз}$ – эксплуатационная производительность базового скрепера, принимается равной $30,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$c = \frac{45101,51}{30,5} = 1478,74 \text{ р.}$$

6.3 Расчет стоимости машино-смены модернизированного скрепера

Стоимость машино-смены скрепера находится по следующей формуле:

$$C_{м-с} = 3P_{\text{водителя}} + ОТЧ_{\text{з/пл}}^{\text{водителя}} + T_m + \%_{\text{с.м.м}} + C_{\text{ТОиТР}} + A + HP; \quad (92)$$

где $ЗП_{\text{водителя}}$ – заработная плата водителя, работающего на скрепере;

$ОТЧ_{\text{з/пл. водителя}}$ – отчисления от заработной платы водителя;

T_m – стоимость топлива;

$C_{\text{ТОиТР}}$ – стоимость технического обслуживания и текущего ремонта;

$\%_{\text{см.м}}$ – смазочные материалы (принимаются 5% от стоимости топлива);

A – амортизация скрепера;

$НР$ – накладные расходы.

Заработная плата водителя, работающего на скрепере, находится по формуле:

$$ЗП_{\text{водителя}} = \frac{ЗП_{\text{за месяц}}}{168} \cdot T, \quad (93)$$

где $ЗП_{\text{за месяц}}$ – зарплата за месяц водителя.

Тогда:

$$ЗП_{\text{водителя}} = \frac{78432}{168} \cdot 8 = 3734,85 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы водителя включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления рассчитываются следующим образом:

$$ОТЧ_{\text{з/пл.}} = ЗП_{\text{водителя}} \cdot 0,346, \quad (94)$$

$$ОТЧ_{\text{з/пл.}} = 3734,85 \cdot 0,346 = 1292,26 \text{ р.}$$

Стоимость топлива определяется по следующей формуле:

$$T_m = T_{н.р} \cdot T \cdot C_{топл}, \quad (95)$$

где $T_{н.р}$ – норма расхода топлива, составляет 18,5 л/ч.;

T – продолжительность смены, составляет 8 ч.;

$C_{топл}$ – стоимость дизельного топлива по данным Самарстата по состоянию 1 мая 2024 составляет 56,84 р.

Тогда:

$$T_m = 18,5 \cdot 8 \cdot 56,84 = 8412,32 \text{ р.}$$

Стоимость технического обслуживания и текущего ремонта находится по следующей формуле

$$C_{ТОиТР} = \frac{(N_{ТО}t_{ТО} + N_{ТР}t_{ТР}) ЗП_{слесаря}^{час}}{160}; \quad (96)$$

где $N_{ТО}$ – количество технического обслуживания скрепера в год, принимается равным 55 раз;

$t_{ТО}$ – продолжительность одного технического обслуживания, принимается равным 5 ч.;

$N_{ТР}$ – количество текущего ремонта скрепера в год, принимается равным 1 раз;

$t_{ТР}$ – продолжительность одного текущего ремонта, принимается равным 145 ч.;

$ЗП_{слесаря}^{час}$ – часовая зарплата слесаря.

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168}, \quad (97)$$

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{78432}{168} = 466,85 \text{ р./ч.}$$

Тогда по формуле найдем стоимость технического обслуживания и текущего ремонта:

$$C_{ТОиТР} = \frac{(55 \cdot 5 + 1 \cdot 145) \cdot 466,85}{160} = 1225,48 \text{ р.}$$

Амортизация скрепера с навесным оборудованием находится по следующей формуле

$$A = \frac{C_{скр} \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} + \frac{C_{нав/об} \cdot 14\%}{100\% \cdot 160}, \quad (98)$$

где $C_{скр}$ – стоимость скрепера МоА3-529 составляет 4000000 р.;

$C_{нав/об}$ – стоимость оборудования с установкой составляет 148548,67 р.

Тогда:

$$A = \frac{4000000 \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} + \frac{148548,67 \cdot 14\%}{100\% \cdot 160} = 2500 + 129,98 = 2629,98 \text{ р.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле .

Таким образом, сумма накладных расходов составит:

$$НР = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Таким образом стоимость машино-смены скрепера найдем по формуле
139:

Тогда:

$$C_{м-с} = 3734,85 + 1292,26 + 8412,32 + 420,62 + 1225,48 + 2629,98 + 26890,97 = 44606,48 \text{ р.}$$

Определим себестоимость работ скрепера по следующей формуле:

$$c = \frac{C_{м-с}}{P_3^{mod}}, \quad (99)$$

где P_3^{mod} – эксплуатационная производительность модернизированного скрепера, принимается равной $33,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

Тогда:

$$c = \frac{44606,48}{33,25} = 1341,6 \text{ р.}$$

$$c = c^b - c^{mod}, \quad (100)$$

$$c = 1478,74 - 1341,6 = 137,14 \text{ р.}$$

Выводы по разделу.

В рамках данного раздела дипломной работы были выполнены расчеты стоимости модернизированного скрепера, стоимости машино-смены базового скрепера, стоимости машино-смены модернизированного скрепера.

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была предложена разработка конструкции погрузчика – манипулятора на базе скрепера САТ 627К.

В соответствии с техническим заданием на дипломное проектирование был разработан погрузчик – манипулятор на базе скрепера САТ 627К.

Погрузчик-манипулятор может использоваться в промышленном, гражданском и дорожном строительстве, а также в сельском и складском хозяйствах на удаленных участках для того чтобы не использовать 2 отдельных единицы техники – кран и самосвал, тем самым экономя денежные средства и время.

Таким образом внедрение новых технических решений позволяет расширить области применения скрепера за счет совмещения в себе функций крана и самосвала.

В процессе работы над проектом была проанализирована патентно-техническая документация в области проектирования конструкций грузоподъемных механизмов - манипуляторов, связанная с основным направлением разработки. Произведен расчет основных параметров погрузчика – манипулятора, рассчитаны механизмы подъема рабочего оборудования и механизм поворота. Был произведен расчет на прочность элементов конструкции проектируемого оборудования.

В работе были разработаны мероприятия по производственной и экологической безопасности.

Эффективность проекта подтверждена технико-экономическим анализом, который показал снижение себестоимости разработки грунта на 10%, относительно базовой машины, также расчёты показали снижение удельной материалоемкости.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Алексеева, Т. В. [и др.] Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ / Т. В. Алексеева. - М.: Машиностроение, 1972.– 504 с.
- 2 Врублевская, В. И. Детали машин и основы проектирования. Курсовое проектирование: учеб. пособие / В. И. Врублевская, В. Б. Врублевский – Гомель: УО «БелГУТ», 2006.– 433 с.
- 3 ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».
- 4 ГОСТ 2.105–95. ЕСКД. Общие требования к выполнению текстовых документов – введ. 1997 – 01–01.– Мн.: Белстандарт, 1997. – 36 с.
- 5 Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч. II. Машины для устройства и ремонта дорожных покрытий : учеб. пособие / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.– Гомель : БелГУТ, 2014.–385с.
- 6 Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель:БелГУТ, 2010–250 с.
- 7 Довгяло, В. А. Методы повышения работоспособности машин и механизмов/ В. А. Довгяло. – Гомель: БелГУТ, 2012.–231 с.
- 8 Домбровский, Н. Г. Землеройно-транспортные машины / Н. Г. Домбровский. - М.: Машиностроение, 1965. – 273 с.
- 9 Домбровский, Н. Г. Строительные машины / Н.Г. Домбровский. - М. : Машиностроение, 1976.–391 с.
- 10 Иванов, М. Н. Детали машин / М. Н. Иванов. - М. : Высшая школа, 2000.- 383с.
- 11 Иванченко, Ф. К. Расчёты грузоподъёмных и транспортирующих машин / Ф.К.Иванченко.– Киев : Высшая школа, 1978.– 576 с.
- 12 Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование: Справочное и учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр.: М.: Высш. шк., 2005. – 309 с.

13 Моргунов, Ю. Н., Техническая эксплуатация путевых и строительных машин: Учебное пособие. / Ю. Н. Моргунов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 701 с.

14 Патент SU 1335650 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Шаволов Андрей Сергеевич, Мамедов Эльдар Тагиевич – опубл. 09.07.1987. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/SU1335650A1_19870907.

15 Патент SU 369219 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор в задней части ковша скрепера/ Николай Фёдорович Долгушин – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/36/369219.html>

16 Патент SU 373365 Российская Федерация, МПК E02F 3/66. Механизм перемещения задней стенки ковша / Сидоров Николай Александрович, Владимир Валерьевич Вовк – опубл. 12.03.1983. – Режим доступа: <http://patents.su/3-373365-skreper.html>.

17 Патент SU 592534 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Устройство для газовой смазки ковша / Баловнев Владилен Иванович, Хмара Леонид Андреевич, Ермилов Александр Борисович, Ладзон Виктор Семёнович. Хмара Леонид Андреевич, Ермилов Александр Борисович – опубл. 15.02.1978. – Режим доступа: <http://patents.su/2-699113-skreper.html>.

18 Патент SU 699113 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор /Павел Николаевич Иванов, Григорий Николаевич Смирнов, Эдуарда Геннадьевич Роннинсон – опубл. 25.11.1979. – Режим доступа: <http://patents.su/2-699113-skreper.html>.

19 Патент SU 705081 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера/ Александр Николаевич Абрамов, Михаил Иванович Деревенчук, Юрий Александрович Филин – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: patents.su/2-705081-kovsh-skrepera.html

20 Патент SU 768887 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Мирнов Геннадий Николаевич – опубл. 10.07.1980. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1_19801007.

21 Патент SU 768887 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Мирнов Геннадий Николаевич – опубл. 10.07.1980. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1_19801007.

22 Патент РФ 1460133 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор с вибратором / Александр Сергеевич Шаволов – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: <http://patents.su/3-1460133-kovsh-skrepera.html>

23 Патент РФ 2454511 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Наклонный элеватор / Шемякин Станислав Аркадьевич, Матвеев Дмитрий Николаевич – опубл. 27.06.2012. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2454511>.

24 Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов: справочник в 2 т. / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев.– Киев : Наукова думка ,1988.–736 с.

25 Руководство по эксплуатации 6014-3902002 самоходного скрепера МоАЗ-6014 Могилёвский автомобильный завод им. С.М. Кирова-Минск «Полымя» 1989.–239 с.

26 Руководство по эксплуатации двигателя ЯМЗ 238 АМ2-1 ОАО Автодизель «Ярославский моторный завод» 236-3902150-Б РЭ – Ярославль, ОАО АВТОДИЗЕЛЬ 2016-184 с.

27 Чижик, Е.И. Землеройно-транспортные машины / Е.И. Чижик. - Могилев : ММИ, 1992.-112 с.

28 Чмыхов, Б. А. Рекомендации по разработке экономического раздела дипломных проектов: учеб.- метод. пособие / Б. А. Чмыхов, С. И. Медведев; М-во образования Респ. Белорус, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2006. – 31 с.

29 Щемелев, А. М. Проектирование гидропривода машин для земляных работ / А. М. Щемелев. - Могилев: ММИ, 1995.-322 с.

30 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling.
- [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] c. - 165 p.

31 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design,
manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification
using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

32 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB
Verlag Technik, 1975.

33 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials,
Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

34 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R.
Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификации

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A4			24.ДП.01.198.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A1			24.ДП.01.198.61.00.000.В0	Чертеж общего вида	1	
<i>Заимствованные изделия</i>						
		1		Ковш	1	
		2		Упряжная тяга	2	
<i>Покупные изделия</i>						
		3		Тягач САТ-627К		
<i>Вновь разрабатываемые изделия</i>						
A1		4	24.ДП.01.198.61.04.000.СБ	Оборудование рабочее	1	
A1		5	24.ДП.01.198.61.05.000.СБ	Механизм поворота	1	
					2	
					2	
					2	
					2	
			24.ДП.01.196.61.00.000			
			Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разработ.	Кожанов Р.Д.				
	Пров.	Соломатин Н.С.				
			Скрепер общий вид			Лит. Лист Листов
						Д 1 1 2
						ТГУ, АТс-19018
						Копировал
						Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на скрепер

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							№	дата	
				<i>Документация</i>					
A1			24.ДП.01.198.61.04.000.СБ	Сборочный чертеж	1				
				<i>Сборочные единицы</i>					
Справ. №		1	24.ДП.01.198.04.01.000	Упор	1				
		2	24.ДП.01.198.04.02.000	Фиксатор	1				
		6	24.ДП.01.198.04.06.000	Подвеска крюковая	1				
		7	24.ДП.01.198.04.07.000	Гидроцилиндр	1				
		8	24.ДП.01.198.04.08.000	Стрела	1				
		9	24.ДП.01.198.04.09.000	Рама	1				
				<i>Детали</i>					
Подп. и дата		11	24.ДП.01.198.61.04.011	Ось	1				
		12	24.ДП.01.198.61.04.012	Бобышка	1				
Инд. № докл.		13	24.ДП.01.198.61.04.013	Планка	1				
		14	24.ДП.01.198.61.04.014	Прокладка	4				
Взам. инв. №		15	24.ДП.01.198.61.04.015	Труба $\phi 32$ ГОСТ 8732-78	3	2,3 кг			
		19	24.ДП.01.198.61.04.019	Обойма	2				
Подп. и дата		20	24.ДП.01.198.61.04.020	Клин	6				
		22	24.ДП.01.198.61.04.022	Шайба	2				
Инд. № докл.		23	24.ДП.01.198.61.04.023	Стопор	1				
		24	24.ДП.01.198.61.04.024	Ось	1				
		25	24.ДП.01.198.61.04.025	Ось	1				
			24.ДП.01.196.61.04.000						
Изм./лист		№ докум.		Подп.		Дата			
Разраб.		Каюмов Р.Д.							
Проб.		Соломатин Н.С.							
Н.контр.		Соломатин Н.С.							
Утв.		Бадровский А.В.							
Оборудование рабочее						ТГУ, АТс-1901б			
Копировал						Формат А4			

Рисунок А.2 – Спецификация на оборудование рабочее

