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 Модернизация рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922

Обучающийся А.С. Изотов
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Руководитель канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент И.В. Дерябин
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

О.А. Головач
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922».

Цель дипломного проекта – модернизация рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 89 страниц с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрена история создания «Марш», существующие модификации снегоболотохода «Марш», обоснована тема выпускной квалификационной работы.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе составлена классификация рулевых управлений, выполнена модернизация рулевого управления снегоболотохода, определены параметры маневренности автомобиля.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш».

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность модернизации рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 с экономической стороны.

Abstract

This graduate work is focusing on modernization of the steering system of the snow-and-swamp «BRONTO-1922» vehicle.

The aim of the work is to modernize the steering system of the snow-and-swamp «BRONTO-1922» vehicle.

The graduation project consists of six parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, totally 89 pages with attachments.

The graphic part is on 10 A1 sheets, which performed in the automated system for the development and execution of design and project documentation «KOMPAS-Graph». The graduation work fully complies with the approved assignment.

In the first part the history of the creation and existing modifications of the snow-and-swamp «Marsh» vehicle are considered. The topic of the graduation work is established.

In the second part, the vehicle traction-dynamic properties are calculated.

In the third part, the classification of steering systems is presented. We also give details about the modernization of the steering of the snow-and-swamp vehicle. The parameters of the vehicle's maneuverability are determined.

The fourth part substantiates the choice of the technological process. The technological process of assembling the modernized steering system of the snow-and-swamp «BRONTO-1922 Marsh» vehicle is developed and the labour intensity is determined.

The fifth part deals with issues related to the safety and environmental friendliness of the project.

In the sixth part of the graduation work we present the economic efficiency of the modernization of the steering system of the snow-and-swamp «BRONTO-1922» vehicle.

Содержание

Введение 6
1 Состояние вопроса 9
1.1 История создания снегоболотохода «Марш» 9
1.2 Модификации снегоболотохода «Марш» 12
1.3 Обоснование темы выпускной квалификационной работы 16
2 Тягово-динамический расчет автомобиля 17
2.1 Исходные данные для расчета 17
2.2 Внешняя скоростная характеристика 21
2.3 Определение передаточных чисел коробки передач 24
2.4 Тяговая характеристика и тяговый баланс автомобиля 26
2.5 Динамический фактор 27
2.6 Ускорение и обратное ускорение автомобиля 28
2.7 Время и пути разгона автомобиля 28
2.8 Мощностной баланс автомобиля 30
2.9 Топливная экономичность автомобиля 31
3 Конструкторская часть 34
3.1 Классификация рулевых управлений 34
3.2 Модернизация рулевого управления 41
3.3 Определение параметров маневренности автомобиля 48
4 Технологический раздел 51
4.1 Обоснование выбора технологического процесса 51
4.2 Определение трудоемкости сборки 53
4.3 Составление технологического процесса сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш» 54
5 Безопасность и экологичность технического объекта 57
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса обслуживания

модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 60
5.2 Идентификация профессиональных рисков 61
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков 62
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта 67
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 70
6 Экономическая эффективность проекта 72
Заключение 80
Список используемой литературы и используемых источников 81
Приложение А. Спецификации 88

Введение

«Автомобильный транспорт остаётся самым популярным, а порой и единственным средством передвижения. Однако далеко не везде имеется развитая дорожная сеть для его применения. Во многих районах Севера, Сибири и Дальнего Востока не обойтись без самоходных машин и агрегатов, обладающих высокой проходимостью. Для этих мест промышленность предлагает в основном гусеничные или колесные вездеходы на базе некоторых автомобильных и тракторных шасси. Есть и специальные снегоходы и снегоболотоходы индивидуального пользования. Первые чаще всего оснащаются лыжными (с воздушным винтом), лыжно-колесными и лыжно-гусеничными ходовыми системами. Несколько отличаются от них снегоболотоходы: они бывают колесными, гусеничными и колесно-гусеничными.

Практически вся перечисленная техника имеет один общий серьезный недостаток: она не отвечает требованиям экологии. Эксплуатируемые на переувлажненных полях и лугах, в летней тундре и лесотундре, лесных массивах, находящихся в зонах с большим количеством осадков, они приводят к необратимым изменениям почвы или растительного покрова. Особенно опасно это для участков, восстановление которых после травмирующего прохода транспорта происходит естественным путем» [1].

«В последнее время вездеходная техника оценивается по комплексной системе показателей, включающей геометрические, физико-механические и экологические характеристики. Первые говорят о способности машины преодолевать неровности рельефа, вторые – передвигаться по слабым, неустойчивым или нетвердым грунтам; наконец, большое внимание уделяется механическим воздействиям ходовых систем на землю. Все это вызвало к жизни появление промышленных вездеходов на колёсах сверхнизкого давления. В любительской практике получило распространение конструирование индивидуального транспорта на пневмокамерах от

колесных машин. В них подкупали простота конструкции и хорошие эксплуатационные качества. Кроме того, такая техника обретала дополнительное преимущество – плавучесть» [3].

Вездеходы на пневматиках сверхнизкого давления способны в любое время года перевозить пассажиров и грузы при температуре от минус 45°С до плюс 40°С по бездорожью и болотам, тундре, сыпучему песку и снежной целине, при этом преодолевая вплавь водные преграды.

«По мнению многих специалистов, вездеходы, использующие в качестве движителя колеса с шинами сверхнизкого давления, имеют большое будущее. Особенно это касается северных территорий, где на обычной технике порой просто невозможно проехать. Поэтому многие умельцы увлеклись созданием оригинальных транспортных средств (преимущественно мотоциклов) на шинах низкого давления (как правило, это были камеры от шин большегрузных автомобилей или сельхозтехники). Их великолепные возможности передвижения, особенно по рыхлому снегу вызывали удивление.

Возможность беспрепятственно передвигаться по любому бездорожью вездеходы на пневматиках получили благодаря шинам сверхнизкого давления. Уникальность этих шин заключается в малой толщине и высокой эластичности резинокордной оболочки, низком внутреннем давлении и определенном соотношении массы шины к ее объему, что дает эффект малого давления шины на грунт, равномерно распределенному по всему пятну контакта. В отличие от обычной шины, деформирующей грунт, шина сверхнизкого давления деформируется сама, адаптируясь к грунту и обтекая рельеф, что обеспечивает хорошее сцепление с грунтом - одну из составляющих высокой проходимости. При движении вездеходов на слабонесущих грунтах шины сверхнизкого давления оставляют незначительную колею, что заметно облегчает движение, обеспечивает высокую топливную экономичность и сохранность растительности на почве» [28].

«Снегоболотоход на шинах сверхнизкого давления, способный преодолеть многие недоступные места российской природы, будет полезен:

- нефтяникам и строителям газовых трасс,
- спасателям и пожарным,
- работникам станции химзащиты,
- специалистам для обслуживания линии электропередач, связистам, экологам, рыбакам, охотникам,
- тем, кто занимается заготовкой ягод, шишек, грибов, для потребкооперации и многим другим» [31].

Целью выполнения ВКР является модернизация рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922.

1 Состояние вопроса

1.1 История создания снегоболотохода «Марш»

«Впервые широкой публике снегоболотоход БРОНТО-1922 «Марш» (рисунок 1) на колесах сверхнизкого давления (разработка НПФ «ТРЭКОЛ»), созданный на агрегатах ВАЗ-21213, был представлен в Нижнем Новгороде в рамках Всероссийской промышленной и художественной выставки, посвященной 100-летию основания «Нижегородской ярмарки» и проходившей с 1 по 9 сентября 1996 года. А уже в октябре того же года ВАЗ-1922 был представлен в экспозиции Волжского автозавода на Международном парижском автосалоне. Следует отметить, что первые «Марши» имели кузов ВАЗ-212180 «Фора», однако вскоре от его использования решили отказаться и перейти на обычные короткие кузова «Нивы», чтобы снизить конечную стоимость продукции» [13].

Рисунок 1 – Общий вид снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш 1»

«С целью проверки вездеходных качеств автомобиля в условиях сверхнизких температур автозаводом были организованы заполярные экспедиции с участием снегоболотоходов «Марш»:

– 15-17 апреля 1999 из Тольятти на Северный полюс;
– 7 апреля 2000 года началась экспедиция на Северный полюс. В условиях ледового бездорожья было преодолено более 300 км» [2].

В основу конструкции Марша легли два популярнейших отечественных внедорожника – «Нива» и «УАЗ».

«Название «Марш» имеет французское происхождение и означает «болото». И это неспроста, так как уникальные машины на пневмоколесных движителях сверхнизкого давления (разработанных и изготавливаемых компанией «Трэкол») как раз и предназначены для перевозки грузов и пассажиров по грунтам с низкой несущей способностью: заболоченным участкам, песку, снежной целине и даже по водной поверхности. Снегоболотоход «Марш» идеален для рыбалки и охоты, может эффективно применяться для обслуживания нефтяных и газовых трубопроводов, в сельском хозяйстве, лесоохранными и поисково-спасательными службами. Это автомобиль с оптимальным соотношением «практичность – качество – цена».

Автомобиль имеет рамную конструкцию – в конструкции использована рама, подвеска и мосты УАЗ-3151. От Нивы взяты кузов, двигатель, коробка передач и раздаточная коробка. С августа 2007 года на семейство снегоболотоходов «Марш» устанавливаются «укороченные» мосты, благодаря чему эти транспортные средства «вошли» в допустимый габарит для дорог общего пользования и получили право передвигаться по ним.

Мосты комплектуются «военными» колесными редукторами.

Благодаря широкому использованию узлов и агрегатов заводского производства создателям «Марша» удалось обеспечить хорошую ремонтопригодность даже в самых отдаленных регионах страны. Запчасти на Ниву и УАЗ можно найти повсеместно» [4].

Технические характеристики снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш 1» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш 1»

Параметр	Значение
Двигатель, трансмиссия	1,7 л 8-кл. (83 л.с.), 5МТ
Кузов	
Колесная формула / ведущие колеса	4 × 4 / все
Расположение двигателя	переднее продольное
Количество мест	4
Длина / ширина / высота, мм	4375 / 2550 / 2160
База, мм	2685
Колея передних / задних колес, мм	1950…1900 / 1950…1900
Дорожный просвет, мм	470
Объем багажного отделения в пассажирском / грузовом вариантах, л	265 / 585
Двигатель	
Код двигателя	21214
Тип двигателя	бензиновый
Система питания	впрыск топлива с электронным управлением
Количество, расположение цилиндров	4, рядное
Рабочий объем, куб. см	1690
Максимальная мощность, кВт (л.с.) / об. мин.	58,3 (83) / 5000
Максимальный крутящий момент, Н·м / об. мин.	150 / 4000
Топливо	бензин, min 95
Динамические характеристики	
Максимальная скорость, км/ч	70
Расход топлива	
Смешанный цикл, л/100 км	18,8
Масса	
Снаряженная масса, кг	1700
Полная масса, кг	2100
Объем топливного бака, л	42
Трансмиссия	
Тип трансмиссии	5 МТ
Передаточное число главной пары	4,7
Подвеска	
Передняя	зависимая на полуэллиптических рессорах с телескопическими гидравлическими амортизаторами
Задняя	зависимая на полуэллиптических рессорах с телескопическими гидравлическими амортизаторами
Шины	
Размерность	49×23, 5×21LT (1220×570-533)

«Все модели болотоходов Бронто обладают положительной плавучестью. Машины допускается эксплуатировать в разных климатических зонах, по любым типам поверхностей, в том числе по пересечённой местности со сложным рельефом. Высокую проходимость рамным внедорожникам Марш обеспечивает колёсная формула 4×4, а также особенности трансмиссии и уникальные свойства конструкции больших шин сверхнизкого давления.

Кузов установлен на раму через подушки из специальной резины. Благодаря использованию колёс с эластичными тонкостенными шинами, машина оказывает минимальное удельное давление на поверхность грунта и снежного покрова, тем самым, снегоболотоход практически не носит вреда верхнему слою почвы и растительности. Более того, за счёт большого объёма воздуха в колёсах, «Марш» уверенно держится на плаву.

Базовая комплектация серии «Марш» состоит из антикоррозийной обработки кузова, гидроусилителя руля, транспортировочных колёс (4 шт.), домкрата с подставкой, баллонного ключа, электрического насоса для подкачки шин, манометра. Пакет дополнительных опций не менее обширен: окраска кузова «камуфляж», фара искатель, люк в крыше, двухколёсный тентованный прицеп, система автоматической подкачки колёс и прочее» [17].

1.2 Модификации снегоболотохода «Марш»

«В 2003 году дебютировал более вместительный «Марш-2» (1922-10) (рисунок 2) с кузовом от минивэна ВАЗ-2120 «Надежда». Однако вскоре АВТОВАЗ прекратил производство минивэнов, поэтому и выпуск «Марша-2» завершился достаточно быстро.

В настоящее время изготавливаются несколько модификаций тольяттинских снегоболотоходов: «Марш-Лонг» имеет кузов от пятидверной «Нивы» ВАЗ-2131 (рисунок 3), «Марш-Спасатель» (1922-51) – четырехдверный (две двери справа, по одной двери слева и сзади) кузов с

высокой крышей от медицинского ВАЗ-2131-45 (рисунок 4), «Марш-Пикап» (1922-53) – двухдверный кузов с открытой грузовой платформой от ВАЗ-2329 (рисунок 5), «Марш – Грузовой» с бортовой платформой и жёстким тентом (рисунок 6)» [10].

Рисунок 2 – Снегоболотоход «Марш-2» (1922-10) с кузовом от минивэна ВАЗ-2120 «Надежда»

Рисунок 3 – Снегоболотоход «Марш Лонг (1922-10) с кузовом от пятидверной «Нивы» ВАЗ-2131

Рисунок 4 – Снегоболотоход «Марш-Спасатель» (1922-51) с открытой грузовой платформой

Рисунок 5 – Снегоболотоход «Марш-Пикап» (1922-53) с открытой грузовой платформой

Рисунок 6 – Снегоболотоход «Марш-Пикап» (1922-53) с открытой грузовой платформой

«В снегоболотоходе «Марш-Комби» (1922-55) (рисунок 7) предусмотрен специальный пятидверный кузов с высокой крышей, увеличенным багажным отделением и задней распашной дверью» [11].

Рисунок 7 – Снегоболотоход «Марш-Комби» (1922-55) с увеличенным багажным отделением и задней распашной дверью

Также существует модификация «Марша» – пожарный автомобиль (рисунок 8).

Рисунок 8 – Снегоболотоход «Марш» пожарный автомобиль

1.3 Обоснование темы выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922.

Модернизация рулевого управления будет проходить путем установки рулевого редуктора, внедрением гидроцилиндра создающего достаточное усилие для поворота колес большой размерности

Основные преимущественные отличия:

- получение более информативного рулевого управления;
- установка этих элементов позволяет увеличить надежность и ремонтопригодность всей системы рулевого управления;
- усилие создаваемое гидроцилиндром позволит беспрепятственно осуществлять управление колесами на любом типе покрытия.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Исходные данные для расчета

«Полная масса автомобиля находиться по формуле:

$$m_a = m_0 + n \cdot \left(m_Ч + m_Б \right), \quad (1)$$

где m_0 – снаряженная масса автомобиля, задаемся массой аналога – 1700 кг;

$m_Ч$ – масса человека, обычно принимается 75 кг;

n – количество пассажиров, вместе с водителем, 5 чел.;

$m_Б$ – масса багажа, принимается по 5 кг на одного пассажира» [25].

Следовательно,

$$m_a = 1700 + 5 \cdot \left(75 + 5 \right) = 2100 \text{ кг}.$$

«Распределение массы по осям проводится с учетом обеспечения равномерного износа шин, недостаточной поворачиваемости и проходимости автомобиля. При проведении расчета ориентируемся на распределение массы автомобиля-прототипа.

Масса, приходящаяся на переднюю ось, определяется по формуле:

$$m_1 = q_1 \cdot m_a, \quad (2)$$

где q_1 – доля полной массы автомобиля, приходящиеся на переднюю ось, принимаем 0,55» [25].

$$m_1 = 0{,}55 \cdot 2100 = 1155 \text{ кг}.$$

«Масса, приходящаяся на заднюю ось (тележку), кг:

$$m_2 = q_2 \cdot m_a, \tag{3}$$

где q_1 – доля полной массы автомобиля, приходящиеся на переднюю ось, принимаем 0,45» [25].

$$m_2 = 0{,}45 \cdot 2100 = 950 \text{ кг}.$$

Подбор шин производим в следующем порядке:

«Определяем статическую нагрузку на переднее колесо по формуле:

$$G_{к1} = \frac{m_1 \cdot g}{n_{п.к.}}, \tag{4}$$

где $n_{п.к.}$ – количество передних колес;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с^2» [25].

$$G_{к1} = \frac{1155 \cdot 9{,}81}{2} = 5665{,}3 \text{ Н}.$$

«Определяем статическую нагрузку на заднее колесо по формуле:

$$G_{к2} = \frac{m_2 \cdot g}{n_{з.к.}}, \tag{5}$$

где $n_{з.к.}$ – количество задних колес» [25].

$$G_{к2} = \frac{950 \cdot 9{,}81}{2} = 4659{,}8 \text{ Н}.$$

Учитывая максимальную величину статической нагрузки, руководствуясь данными ГОСТ 5513-97, предварительно выбираем шину 205/70 R15.

«Далее необходимо рассчитать коэффициент, характеризующий степень использования допустимой максимальной скорости шины:

$$\lambda = \frac{V_{a_{\max}}}{V_{ш_{\max}}}, \qquad (6)$$

где $V_{a_{max}}$ – максимальная скорость автомобиля, для аналога – 70 км/ч;

$V_{ш_{max}}$ – допустимая максимальная скорость движения, для шины, 49×23,5×21LT – 80 км/ч» [25].

$$\lambda = \frac{70}{80} = 0{,}875.$$

Зная размер шин, определяем статистический радиус колеса:

$$r_{ст} = 0{,}5 \cdot d + \lambda_Z \cdot H, \qquad (7)$$

где d – посадочный диаметр, для диаметра 21 дюйма равен 0,53 м;

λ_Z – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин, для шин с регулируемым давлением и арочных значение коэффициент принимается в диапазоне от 0,8 до 0,85;

H – высота профиля шины, для шины 49×23,5×21LT высота профиля составляет 0,39 м.

$$r_{ст} = 0{,}5 \cdot 0{,}53 + 0{,}85 \cdot 0{,}39 = 0{,}60 \text{ м}.$$

«На дорогах с твердым покрытием используется равенство:

$$r_{ст} \approx r_Д \approx r_К, \quad (8)$$

где $r_Д$ – динамический радиус колеса;

$r_К$ – радиус качения колеса» [25].

Лобовую площадь автомобиля выбираем, ориентируясь на прототип.

«Для ориентировочной оценки лобовой площади используем зависимость:

$$F = \alpha \cdot B \cdot H_a, \quad (9)$$

где α – коэффициент заполнения площади, по рекомендации [1] для легковых автомобилей коэффициент равен 0,8;

B и H_a – наибольшие ширина и высота автомобиля, соответственно, значения этих величин принимаю, основываясь на данных выбранного прототипа, 2,55 м и 2,16 м соответственно» [25].

$$F = 0{,}8 \cdot 2{,}55 \cdot 2{,}16 = 4{,}41\,\text{м}^2.$$

По выбранному коэффициенту обтекаемости, находим значение коэффициента сопротивления воздуха по следующей формуле:

$$k_в = C_x \cdot \frac{\rho_в}{2}, \quad (10)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления, для легковых автомобилей коэффициент принимает в диапазоне от 0,26 до 0,38. Принимаем равным 0,38.

$\rho_в$ – плотность воздуха, при нормальных условиях (при давлении 760 мм.рт. ст.) – 1,293 кг/м^3.

$$k_в = 0{,}38 \cdot \frac{1{,}293}{2} = 0{,}25 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}.$$

2.2 Внешняя скоростная характеристика

«Расчет мощности двигателя, необходимой для движения автомобиля с заданной максимальной скоростью, производим по формуле:

$$N_v = \frac{G_a \cdot \psi_V \cdot V_{a\max} + k_в \cdot F \cdot V_{a_{\max}}^3}{1000 \cdot \eta_{тр}}, \qquad (11)$$

где G_a – полный вес автомобиля, Н. Определяется по формуле (12);

ψ_V – суммарный коэффициент сопротивления дороги на режиме максимальной скорости. По рекомендациям коэффициент принимаем равным значению коэффициента сопротивлению качения, для асфальтобетонной дороги в удовлетворительном состоянии коэффициент равен 0,025;

$V_{\max}$ – максимальная скорость автомобиля, 38,9 м/с;

$k_в$ – коэффициент сопротивления воздуха, Н·с^2/м^4» [25].

$\eta_{тр}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии, который равен произведению коэффициентов полезного действия ее механизмов. Для полноприводного автомобиля коэффициент полезного действия принимают в диапазоне от 0,80 до 0,86. Принимаем равным 0,92. [25].

$$G_a = m_a \cdot g, \qquad (12)$$

$$G_a = 2100 \cdot 9{,}81 = 20601\,\text{Н}.$$

Отсюда:

$$N_v = \frac{20601 \cdot 0{,}025 \cdot 19{,}44 + 0{,}23 \cdot 2{,}34 \cdot 19{,}44^3}{1000 \cdot 0{,}92} = 21{,}1\,\text{кВт}.$$

Определяем максимальную мощность двигателя в зависимости от его типа по формуле:

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \qquad (13)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты, значения которых принимаются в соответствии с типом двигателя (таблица 2);

λ – коэффициент, учитывающий отношений максимального вращения коленчатого вала к вращению коленчатого вала при максимальных мощности, принимаем равным 1,15.

Таблица 2 – Значения коэффициентов для расчета внешней скоростной характеристики

Тип двигателя	a	b	c
Бензиновый	1	1	1
Дизельный четырехтактный	0,53	1,56	1,09

$$N_{max} = \frac{21{,}1}{1 \cdot 1{,}15 + 1 \cdot 1{,}3225^2 - 1 \cdot 1{,}5209^3} = 22{,}1\,\text{кВт}.$$

Так в свободном доступе представлены технические характеристики двигателя ВАЗ-2123, предлагается использовать максимальную мощность – 58,5 кВт.

Определяем частоту вращения коленчатого вала двигатели на режиме максимального числа оборотов:

$$n_{\max} = n_N \cdot \lambda, \qquad (14)$$

$$n_{V_{MAX}} = 5000 \cdot 1{,}1 = 5750\ \text{об/мин}.$$

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику двигателя (рисунок 9) по формуле (14) задавшись различными величинами частоты вращения коленчатого вала двигателя.

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right]. \quad (15)$$

Для построения графика эффективного момента применяется формула:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \cdot 10^3, \quad (16)$$

Для удобства результаты расчетов заносим таблицу 3.

Таблица 3– Данные для построения внешней скоростной характеристики

Скорость вращения коленчатого вала, об/мин	800	1500	200	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5750
Угловая скорость, рад/с	83,8	157,1	209,4	261,7	314,2	366,5	418,9	471,2	523,6	602,1
Мощность, кВт	10,6	21,2	29,0	36,6	43,5	49,5	54,3	57,4	58,5	55,7
Крутящий момент, Н м	126,7	135,2	138,5	139,7	138,5	135,2	129,6	121,8	111,7	92,5

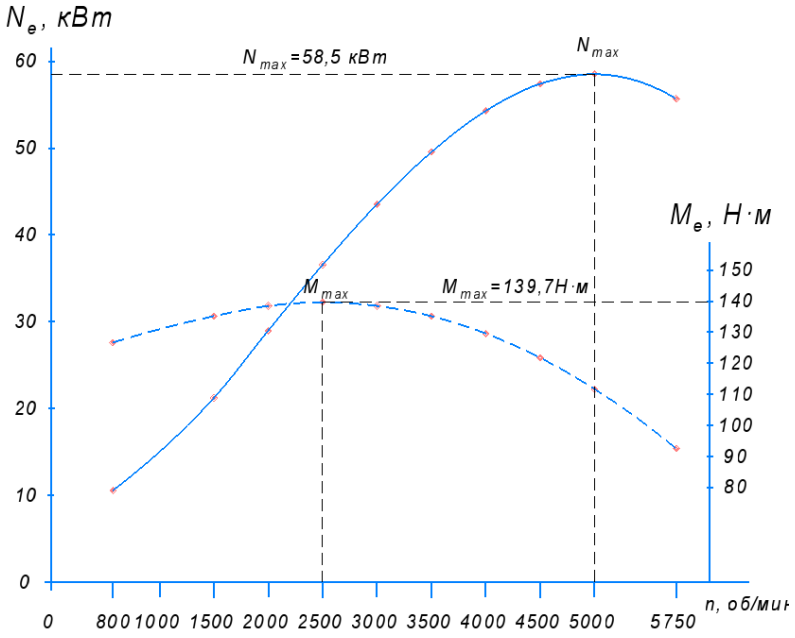


Рисунок 9 – Внешняя скоростная характеристика

«Передаточное число главной передачи рассчитывается из условия обеспечения заданной максимальной скорости автомобиля по выражению:

$$u_o = \frac{\omega_{\max} \cdot r_k}{u_k \cdot V_{\max}}, \qquad (17)$$

где $\omega_{\max}$ – скорость вращения коленчатого вала двигателя, 5750 об/мин или 602,1 рад/с;

r_k – радиус качения колеса, для колеса 205/70 R15 радиус равен 0,60 м;

u_k – передаточное число коробки передач на высшей передаче, для механической коробки передач, используемой в снегоболотоходе, передаточное число равно 0,82» [25].

$$u_o = \frac{139{,}2 \cdot 0{,}6}{0{,}82 \cdot 19{,}44} = 5{,}24.$$

2.3 Определение передаточных чисел коробки передач

«Передаточное число первой передачи рассчитывается из условия преодоления заданного максимального сопротивления дороги, характеризующегося суммарным коэффициентом сопротивления по формуле:

$$u_I = \frac{G_a \cdot \psi^I_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot u_д \cdot \eta_{тр}}, \qquad (18)$$

где $M_{\max}$ – максимальный крутящий момент двигателя, полученный с внешней скоростной характеристики двигателя, Н·м;

$\psi^I_{\max}$ – коэффициент сопротивления дороги на первой передаче, принимаем равным 0,325» [25].

Подставляем значения в формулу (18) и получаем:

$$u_I = \frac{20601 \cdot 0{,}325 \cdot 0{,}6}{139{,}7 \cdot 5{,}24 \cdot 1 \cdot 0{,}86} = 6{,}38.$$

Расчет передаточных чисел промежуточных передач.

Передаточные числа промежуточных передач рассчитываются в предположении, что общий ряд передаточных чисел коробки передач должен представлять собой геометрическую прогрессию. Тогда расчет ведется по формуле:

$$u_m = \sqrt[n-1]{u_1^{n-s}}\ . \qquad (19)$$

Однако на автомобиля применяется коробка передач с повышающей (ускоряющей) высшей передачей, следовательно, передаточное число последней выбирается не по закону геометрической прогрессии, а из конструкторских соображений.

По этой причине при расчете формулы (19) количество передач принимается меньше на 1 (то есть для пятиступенчатой коробки передач – 4).

Передаточное число для заднего хода автомобиля определяется во время компоновки коробки передач и обычно определяется по формуле:

$$u_{З.Х.} = (1{,}2 \ldots 1{,}3) \cdot U_1. \qquad (20)$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 4 и сравниваем с аналогом.

Таблица 4 – Передаточные числа коробки передач

Значения	Передаточные числа						
	Главная	1	2	3	4	5	ЗХ
Расчетные	5,24	6,38	2,53	1,59	1	0,63	7,66
Справочные	3,91	3,67	2,10	1,36	1	0,82	3,53

В дальнейшем при проведении расчетов предлагается использовать передаточные числа агрегатов автомобиля-аналога.

2.4 Тяговая характеристика и тяговый баланс автомобиля

«Тяговая характеристика представляет собой зависимость силы тяги на колесах автомобиля от скорости движения по передачам, которая на разных передачах определяется по формуле:

$$F_T = \frac{M_e \cdot u_0 \cdot u_{кп} \cdot u_д \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \qquad (21)$$

Рекомендуется пользоваться выбранными выше значениями угловой скорости (при расчете внешней скоростной характеристики), приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах по формуле:

$$V_a = \frac{\omega_e \cdot r_k}{u_0 \cdot u_k \cdot u_д}. \qquad (22)$$

Тяговый (силовой) баланс автомобиля описывается уравнением:

$$F_T = F_Д + F_B + F_u, \qquad (23)$$

где F_T – сила тяги на ведущих колесах, Н;

$F_Д$ – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

F_u – сила сопротивления разгону автомобиля» [25].

«В общем случае сопротивление дороги при движении автомобиля на подъеме определяется из выражения:

$$F_Д = G_a \cdot \sin\alpha_Д + G_a \cdot \cos\alpha_Д \cdot f\,, \qquad (24)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

$\alpha_Д$ – угол подъема, град.» [25].

При небольших значениях угла наклона дороги (до 10 град.), считают:

$$\sin\alpha_Д \approx tg\alpha_Д = i; \quad \cos\alpha_Д \approx 1. \qquad (25)$$

Тогда:

$$F_Д = G_a \cdot (i + f) = G_a \cdot \psi\,, \qquad (26)$$

При движении автомобиль преодолевает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле:

$$F_B = k_в \cdot F \cdot V^2. \qquad (27)$$

2.5 Динамический фактор

Динамическая характеристика представляет собой зависимость динамического фактора автомобиля от скорости на разных передачах. В каждой расчетной точке на каждой передаче динамический фактор рассчитывается, согласно его определению, по формуле:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \qquad (28)$$

В связи с ограничением объема пояснительной записки и быстроты проведения расчетов вычисления проводятся в программной среде Microsoft Excel, после которых осуществляется построение графиков в Компас-3D.

2.6 Ускорение и обратное ускорение автомобиля

«Ускорение автомобиля в каждой расчетной точке определяется по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{вр}} \cdot g, \tag{29}$$

где $\delta_{вр}$ – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс. Определяется по формуле (30)» [25].

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \tag{30}$$

где δ_1, δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс колес и двигателя соответственно. Значение коэффициента принимают в диапазоне от 0,03 до 0,05.

Затем требуется построить зависимость обратных ускорений от скорости. Поскольку при скоростях, близких к максимальной, ускорение стремиться к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью 0,8-0,9 максимальной скорости.

В связи с ограничением объема пояснительной записки и быстроты проведения расчетов вычисления проводятся в программной среде Microsoft Excel, после которых осуществляется построение графиков в Компас-3D.

2.7 Время и пути разгона автомобиля

«Для теоретического определения времени разгона и пути разгона предложено несколько графоаналитических методов. Будем основываться на методе Н.А. Яковлева.

Расчетный интервал скоростей разбиваем на мелкие участки, для каждого из которых считаем:

$$j = j_{ср} = \frac{j_н + j_к}{2}, \tag{31}$$

где $j_{ср}$ – среднее ускорение на участке ΔV;

$j_н$, $j_к$ – соответственно ускорение в начале и конце участка» [25].

«Время разгона на участке, используя график, находим с помощью выражения:

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{j_{ср}} = \frac{V_к - V_н}{j_{ср}} / \tag{32}$$

Время разгона до конечной скорости получаем сложением времени на отдельных участках:

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \ldots \Delta t_n \tag{33}$$

Путь за время при равноускоренном движении на каждом участке определяется по формуле:

$$\Delta S = \frac{V_н + V_к}{2} \cdot \Delta t = V_{ср} \cdot \Delta t \text{ » [25].} \tag{34}$$

В связи с ограничением объема пояснительной записки и быстроты проведения расчетов вычисления проводятся в программной среде Microsoft Excel, после которых осуществляется построение графиков в Компас-3D.

2.8 Мощностной баланс автомобиля

«Уравнение мощностного баланса автомобиля может быть получено из уравнения тягового баланса с почленным умножением его на скорость автомобиля.

В общем случае уравнение мощностного баланса имеет вид:

$$N_T = N_f + N_n + N_в + N_u, \tag{35}$$

где N_T – мощность, подводимая к колесам;

N_f – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

N_n – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъема;

$N_в$ – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздушной среды;

N_u – мощность, затрачиваемая на разгон автомобиля» [25].

«Величина мощности, подводимой к колесам, равна:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр}, \tag{36}$$

где N_e – текущее значение мощности в расчетной точке внешней скоростной характеристики двигателя» [25].

«Мощность, затрачиваемая на преодоление суммарного сопротивления дороги, рассчитывается по формуле:

$$N_д = G_a \cdot \psi \cdot V_a \cdot 10^{-3}, \tag{37}$$

Зависимость мощности от скорости автомобиля представляет собой луч, выходящий из начала координат.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздушной среды, определяется по выражению:

$$N_в = k_в \cdot F \cdot V_a^3 \cdot 10^{-3}. \quad (38)$$

Мощность, затрачиваемая на разгон автомобиля, может быть рассчитана, как замыкающий член мощностного баланса:

$$N_u = N_T - N_д - N_в» [25]. \quad (39)$$

В связи с ограничением объема пояснительной записки и быстроты проведения расчетов вычисления проводятся в программной среде Microsoft Excel, после которых осуществляется построение графиков в Компас-3D.

2.9 Топливная экономичность автомобиля

«Характеристика топливной экономичности представляет собой зависимость путевого расхода топлива в литрах на 100 км пробега автомобиля от скорости движения в заданных дорожных условиях. Эта характеристика строится только для высшей передачи переднего хода и для трех вариантов дорожных условий, характеризуемых значениями суммарного коэффициента сопротивления дороги.

Путевой расход топлива рассчитывается по формуле:

$$Q_s = \frac{g_{e\,\min} \cdot k_\omega \cdot k_u \cdot (N_д + N_в)}{36 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{тр}}. \quad (40)$$

где $g_{e\,\min}$ – минимальный удельный эффективный расход топлива двигателем, г/(кВт ч);

k_ω – коэффициент, учитывающий изменение удельного эффективного расхода топлива от скоростного режима двигателя;

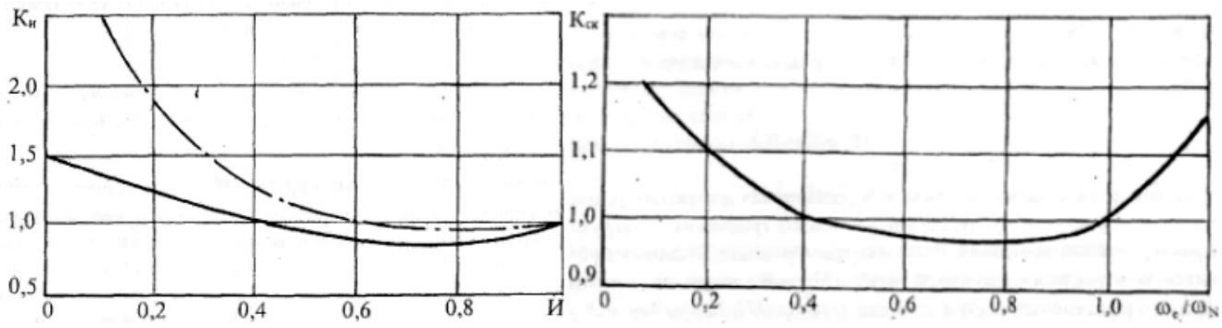
k_u – коэффициент, учитывающий изменение удельного эффективного расхода топлива от нагрузочного режима двигателя;

ρ_T – плотность топлива, кг/дм^3 (кг/л)» [25].

Относительная нагрузка определяется по формуле:

$$U = \frac{N_\partial + N_в}{N_e \cdot \eta_{тр}}. \qquad (41)$$

Значения поправочных коэффициентов k_ω и k_ω могут быть определены в соответствии с графиками (рисунок 10).



а) б)

а – изменение коэффициента, учитывающего изменение удельного эффективного расхода топлива от нагрузочного режима двигателя; б – изменение коэффициента, учитывающего удельного эффективного расхода топлива от скоростного режима двигателя

Рисунок 10 – Графики зависимости значения коэффициентов для определения топливной экономичности автомобиля

Предельный для данной скорости значения расхода топлива в предположении, что двигатель работает по внешней скоростной характеристике определяется по формуле:

$$Q'_s = \frac{1{,}11 \cdot g_{e_{\min}} \cdot k_\omega \cdot N_e}{36 \cdot V_a \cdot \rho_T}. \qquad (42)$$

Для удобства все вычисления производились в программной среде Microsoft Excel, а уже после этого производилось построение графиков тягово-динамических характеристик в Компас-3D.

Выводы по разделу.

В ходе выполнения 2 раздела выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- проведен тяговый расчет и построена тяговая характеристика;
- рассчитан динамический фактор и построена динамическая характеристика;
- рассчитано ускорение автомобиля на четырех передач и построен график ускорений;
- определены время и путь разгона автомобиля, и построены соответствующие графики.

3 Конструкторская часть

Целью данной работы является модернизация рулевого управления снегоболотохода «Марш» от компании БРОНТО путем установки рулевого редуктора, внедрением гидроцилиндра создающего достаточное усилие для поворота колес большой размерности.

«Основные преимущественные отличия от базовой версии:

- получение более информативного рулевого управления;
- установка этих элементов позволяет увеличить надежность и ремонтопригодность всей системы рулевого управления;
- усилие, создаваемое гидроцилиндром, позволит беспрепятственно осуществлять управление колесами на любом типе покрытия.

При разработке данного проекта учитывались следующие требования:

- максимально возможная унификация деталей;
- повышение надежности и ремонтопригодности рулевого управления;
- минимальные затраты для изготовления проекта» [5].

Рассмотрим классификации рулевого управления.

3.1 Классификация рулевых управлений

«Рулевое управление предназначено для изменения направления движения автомобиля.

Рулевые управления колесных машин подразделяются по следующим основным классификационным признакам:

по способу поворота:

- управляемыми колесами,
- управляемой осью,
- складыванием звеньев,

– бортовым поворотом (принудительным вращением ведущих колес одного борта с иной угловой скоростью, чем ведущих колес другого борта).

по расположению места водителя:

– правое – при левостороннем движении;
– левое – при правостороннем движении» [10].

«Кроме того, для получившего наибольшее применение на автомобилях рулевого управления с управляемыми колесами (оно состоит из рулевого колеса, рулевого механизма, рулевого привода, а также часто и усилителя) выделяют классификацию рулевых механизмов и рулевых приводов.

Классификация рулевых механизмов:

по типу передачи:

– механический;
– гидравлический (рулевой механизм или рулевое управление).

по передаточному числу:

– изменяемое;
– неизменяемое;
– обратимости;
– обратимый;
– на пределе обратимости.

Классификация рулевых приводов (рулевых трапеций):

по расположению:

– передняя – перед осью;
– задняя – за осью.

в зависимости от типа подвески:

– цельная (при зависимой подвеске);
– разрезная (при независимой подвеске).

Основные требования к рулевому управлению следующие:

– обеспечение высокой маневренности автомобиля;
– удобство и легкость управления, в том числе минимальная передача толчков от дороги на рулевое колесо;
– соответствие радиуса поворота управляющему воздействию водителя;
– высокая надежность;
– минимальное боковое скольжение колес при повороте автомобиля;
– стабилизация повернутых управляемых колес;
– минимальные вибрации, в том числе отсутствие автоколебаний управляемых колес;
– кинематическая согласованность с подвеской.

Кроме того, к рулевым управлениям, как и к остальным механизмам и системам автомобиля, предъявляют также общие требования:

– обеспечение минимальных размеров и массы, высокая надежность (здесь она выделена отдельным пунктом, поскольку из механизмов и систем автомобиля рулевое управление и тормозное управление прежде всего влияют на безопасность движения);
– минимальное обслуживание;
– технологичность» [11].

Рассмотрим, какими конструктивными мероприятиями обеспечивается выполнение требований к рулевым управлениям с управляемыми колесами.

«Высокая маневренность (малый радиус поворота и малая ширина коридора) обеспечивается в основном уменьшением базы и увеличением угла поворота управляемых колес. Обычно минимальный радиус поворота легковых автомобилей составляет от 4,5 до 5,5 м, грузовых – от 8до 12 м. Маневренность существенно улучшается, если, кроме передних управляемых колес, используются еще и задние управляемые колеса.

Удобство и легкость управления, как и для любого органа управления, определяются обычно удобным расположением органа управления (рулевого колеса), величиной его полного хода (который не должен превышать 5

оборотов от одного до другого крайнего положения), невысокими значениями усилия, необходимого для перемещения рулевого колеса. Обычно считается, что его усилие не должно превышать 100 Н для легковых автомобилей и 250 Н для грузовых. Удобство расположения определяется в частности соответствием расположения плоскости рулевого колеса посадке водителя» [11].

«Соответствие радиуса поворота управляющему воздействию водителя обеспечивается в основном использованием жесткой кинематической связи между управляемыми колесами и рулевым колесом. Кроме того, суммарный люфт рулевого колеса должен находиться в заданных минимальных значениях. При этом управляющее воздействие водителя не должно вызывать боковых скольжений управляемых и неуправляемых колес.

Высокая надежность рулевого управления обеспечивается в основном достаточно большими запасами по напряжениям в деталях рулевого управления. Применение дублирующих систем в рулевом управлении, как и в тормозном управлении, пока не представляется возможным» [11].

«Минимальное боковое скольжение колес при повороте автомобиля обеспечивается в основном применением рулевых трапеций в приводе управляемых колес, а при трех и более осях, кроме того, расположением осей, обеспечивающим минимальное боковое скольжение. Меньшая высота профиля и более широкий протектор шины уменьшают углы увода наружных колес при движении на повороте.

Стабилизация повернутых управляемых колес обеспечивается в основном при малых скоростях движения применением поперечного наклона оси шкворня, а при больших скоростях движения – упругостью шин и продольным наклоном оси шкворня» [6].

«Требования к усилителям рулевого управления:

– при неисправном усилителе автомобиль не должен терять управляемость;

– усилитель не должен самостоятельно включаться от толчков со стороны дороги и предоставлять возможность поддерживать нужное направление движения при торможении с поврежденной шиной;
– должно обеспечиваться минимальное запаздывание в срабатывании и пропорциональность углов поворота колес и рулевого колеса;
– усилие на рулевом колесе должно быть небольшим, но пропорциональным сопротивлению повороту колес («чувство дороги»)» [15].

«В качестве усилителя рулевого управления наибольшее распространение получили гидравлические усилители, состоящие из источника энергии – насоса с баком, распределительного устройства – клапана управления, исполнительного механизма – силового цилиндра.

Достоинства усилителей рулевого управления следующие:
– облегчение управления автомобилем;
– снижение ударных нагрузок от неровностей дороги, передающихся на рулевое колесо;
– повышение безопасности при разрыве шин (автомобиль можно удержать на заданной траектории).

Недостатки:
– ухудшение стабилизации управляемых колес;
– повышение износа шин из-за излишне частых поворотов на месте» [16].

«Кроме того, рулевое управление с гидравлическим усилителем более склонно к появлению автоколебаний. Недостатки гидравлического усилителя в основном связаны с тем, что насос приводится в действие от вала двигателя: при неработающем двигателе усилитель не работает, при малой частоте вращения вала двигателя производительность насоса может оказаться недостаточной, а при высокой частоте она обычно избыточная. Кроме того, отбор мощности составляет от 4до 5 % мощности двигателя. В

последние годы все большее распространение получают усилители, не обладающие этими недостатками: электрогидравлические и электрические.

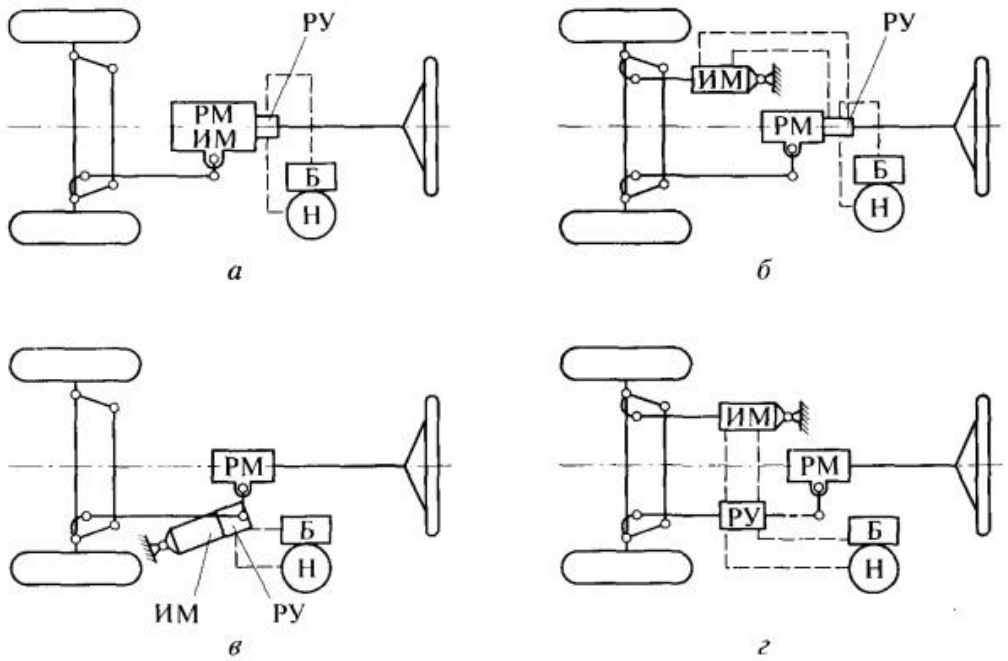
Электрогидравлические усилители отличаются от гидравлических в основном тем, что у них привод насоса осуществляется от электродвигателя, причем часто с электронным блоком управления.

Электрические усилители вместо системы насос – клапан управления – гидроцилиндр используют электродвигатель с электронным блоком управления. Их основные преимущества: более высокая экономичность, низкий уровень шума, небольшие масса, габариты и стоимость» [18].

«В настоящее время большинство отечественных грузовиков оснащены гидравлическими усилителями рулевого управления» [1].

Остановимся на них более подробно.

На рисунке 11 представлены компоновочные схемы рулевых управлений с гидравлическим усилителем.



а – ЗИЛ; б – «Урал»; в – МАЗ; г – ГАЗ;
Б – бак; Н – насос; РМ – рулевой механизм; РУ – распределительное устройство (клапан); ИМ – исполнительный механизм (гидроцилиндр)

Рисунок 11 – Компоновочные схемы рулевых управлений с гидравлическим усилителем

«По компоновке с рулевым механизмом возможны следующие варианты:

1 РУ – ИМ – РМ в одном блоке (ЗИЛ);

2 ИМ отдельно, РУ – РМ в одном блоке («Урал»);

3 РМ отдельно, РУ – ИМ в одном блоке («МАЗ»);

4 РУ, ИМ, РМ отдельно («ГАЗ»)» [21].

Рассмотрим особенности этих компоновочных схем

«К преимуществам первой схемы можно отнести компактность, два коротких трубопровода к насосу, а к недостаткам – привод и вал сошки воспринимают полные нагрузки и толчки;

К преимуществам второй схемы можно отнести – разгружен вал сошки, но добавились трубопроводы между РУ и ИМ;

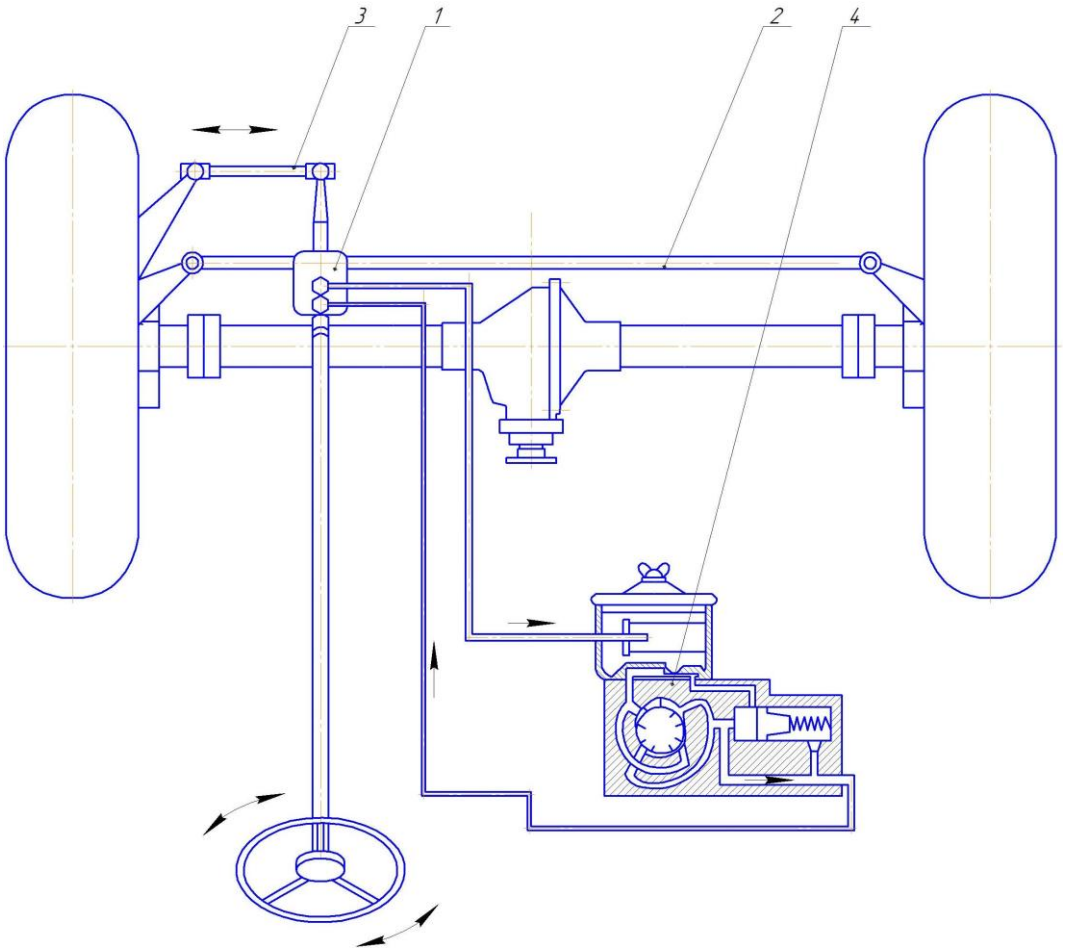
К преимуществам третьей схемы относится: вал сошки разгружен, имеются два длинных трубопровода;

При четвертой схеме: если ИМ воздействует на рулевую трапецию, то разгружен вал сошки и часть деталей привода при удлинении трубопроводов и опасности возникновения колебаний давления в усилителе» [24].

«Рулевое управление снегоболотохода БРОНТО «Марш» выполнено следующим образом:

– по способу поворота – управляемыми колесами передней оси;
– по расположению места водителя – левое-при правостороннем движении;
– расположение рулевой трапеции – переднее, перед осью» [24].

Схема рулевого управления снегоболотохода БРОНТО «Марш» до модернизации представлена на рисунке 12.



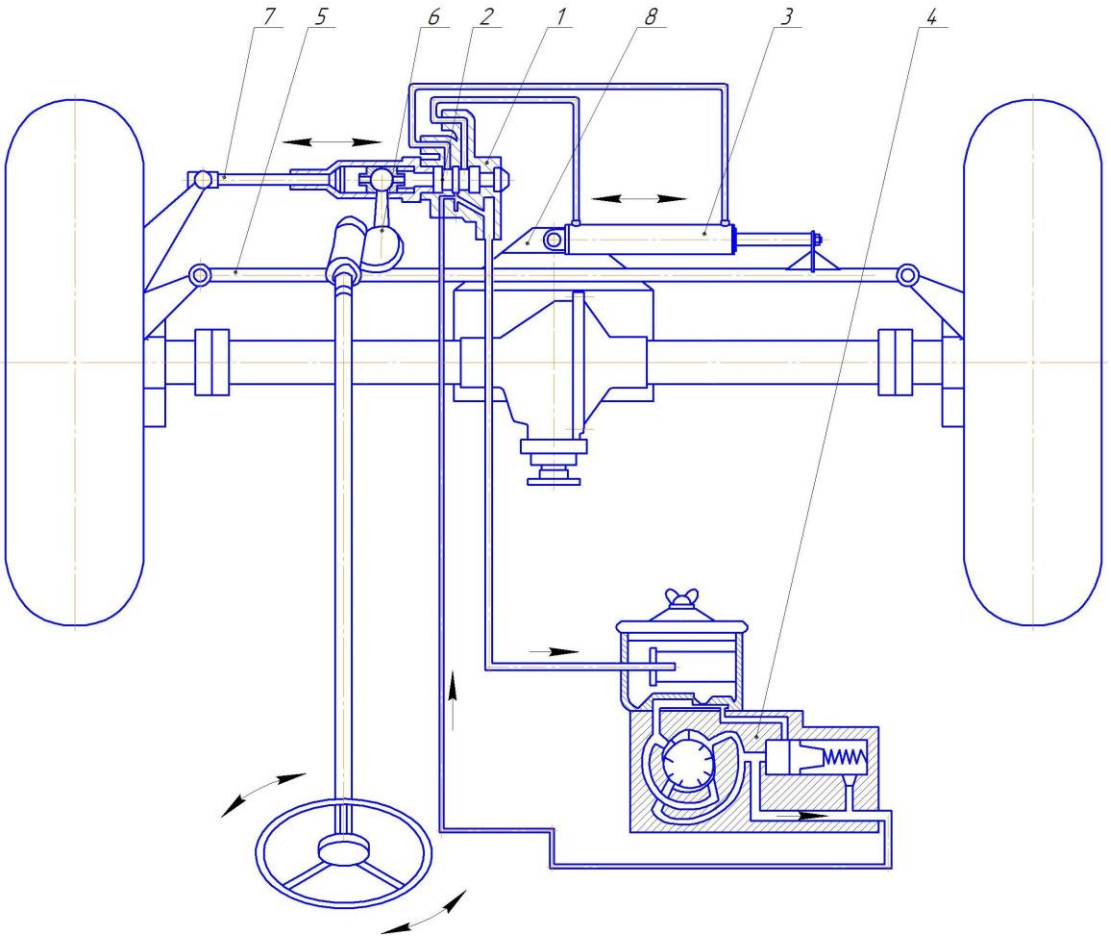
1 – рулевой редуктор; 2 – поперечная рулевая тяга; 3 – малая поперечная рулевая тяга; 4 – насос

Рисунок 12 – Схема рулевого управления снегоболотохода БРОНТО «Марш»

3.2 Модернизация рулевого управления

«Модернизация рулевого управления будет проходить путем перехода к четвертой компоновочной схеме – РУ, ИМ, РМ отдельно. Выбор данной схемы управления и компоновки обусловлен способностью развивать исполнительным механизмом в виде гидроцилиндра большего усилия, нежели родного рулевого редуктора, перенос усилия с сошки рулевого редуктора на поперечную рулевую тягу. Тем самым увеличиться срок службы рулевого редуктора, так как нагрузка на него снизиться» [30].

Схема рулевого управления снегоболотохода БРОНТО «Марш» после модернизации представлена на рисунке 13.



1 – корпус клапана управления; 2 – золотник; 3 – силовой цилиндр;
4 – насос; 5 – поперечная рулевая тяга; 6 – рулевой редуктор; 7 – продольная рулевая тяга;
8 – кронштейн крепления гидроцилиндра

Рисунок 13 – Схема рулевого управления снегоболотохода БРОНТО «Марш» после модернизации

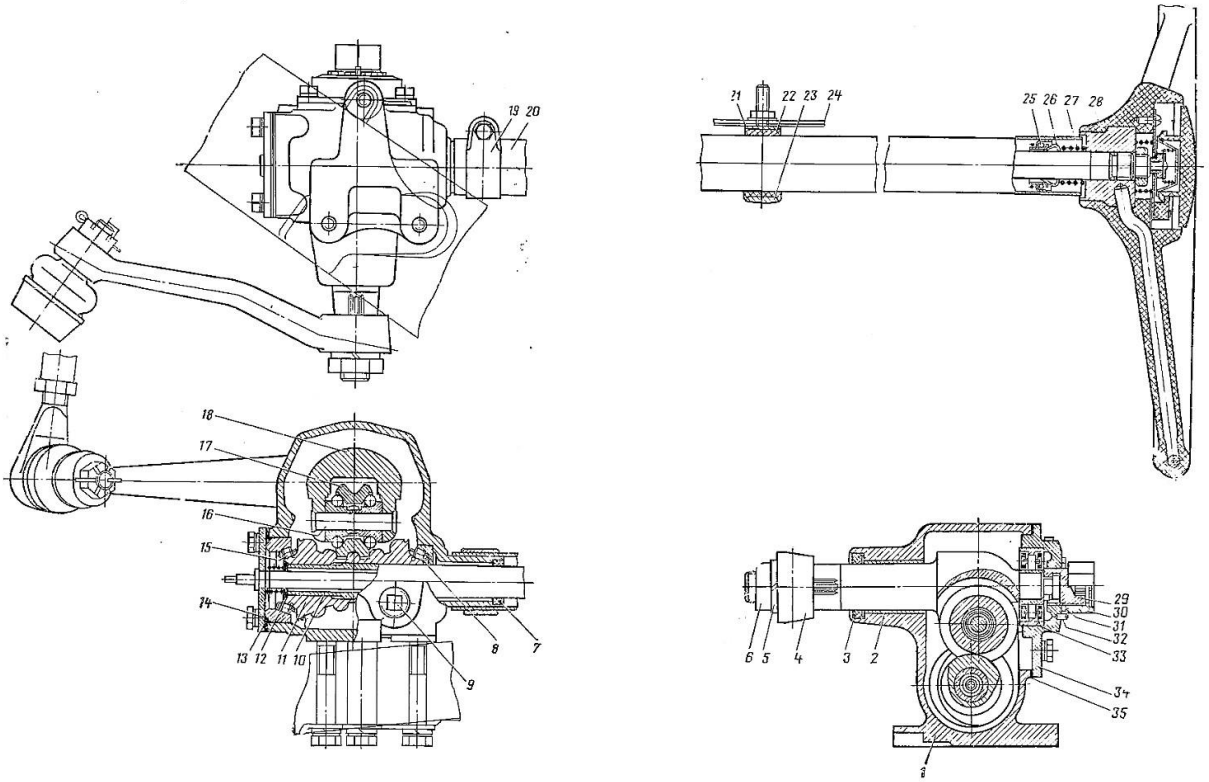
Выполним подбор необходимых компонентов для выполнения модернизации рулевого управления снегоболотохода БРОНТО «Марш».

Для успешной модернизации рулевого управления по компоновочной схеме – РУ, ИМ, РМ отдельно, необходимы следующие компоненты:

– рулевой редуктор УАЗ 469,
– продольная рулевая тяга с золотником ГАЗ 66,
– рулевой гидроцилиндр ГАЗ 66,
– кронштейн для крепления гидроцилиндра.

Рассмотрим каждый элемент более подробно.

«Рулевой редуктор УАЗ 469 представляет собой узел, служащий для поворота передних колес автомобиля. Устройство рулевого редуктора УАЗ (рисунок 14) предусматривает снижение усилий, прилагаемых водителем к рулевому колесу при движении автомобиля.



1 – картер; 2 – втулка вала сошки; 3 – сальник; 4 – сошка; 5 – шайба; 6 – гайка; 7 – сальник; 8, 15 – подшипники червяка; 9 – пробка маслоналивного отверстия; 10 – вал рулевого механизма; 11 – червяк; 12 – уплотнительное кольцо; 13 – нижняя крышка картера; 14 – регулировочные прокладки; 16 – ось ролика; 17 – ролик; 18 – вал сошки; 19 – стяжной хомут рулевой колонки; 20 – рулевая колонка; 21, 35 – прокладки; 22 – втулка; 23 – стремянка; 24 – кронштейн распорки щитка и панели приборов; 25—подшипник; 26 – разжимное кольцо подшипника; 27 – пружина разжимного кольца; 28 – рулевое колесо; 29—регулировочный винт вала сошки; 30 – гайка; 31 – стопорная шайба; 32 – штифт; 33—подшипник вала сошки; 34 – боковая крышка картера

Рисунок 14 – Рулевой механизм (редуктор) УАЗ-469

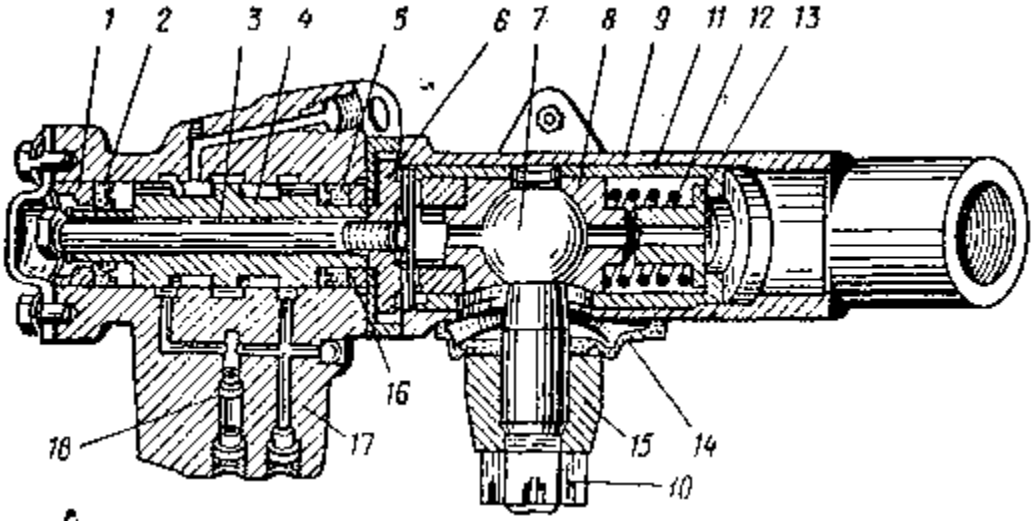
Картер рулевого редуктора УАЗ устанавливается на раме автомобиля. Узел фиксируется с левой стороны по ходу движения. Крутящий момент от рулевой колонки к редуктору передаётся с помощью карданного вала» [15].

Рабочая пара рулевого редуктора автомобиля УАЗ-469 состоит из глобоидального червяка и ролика двухгребневого типа. Червяк связан с

валом, на который передаётся усилие рулевого колеса. Ролик устанавливается на одном валу с сошкой рулевого механизма. Таким образом, при вращении червяка ролик вместе с сошкой смещаются в определенную сторону. Для предотвращения проскальзывания вала, сошка установлена на мелкие шлицы.

При положении колёс для движения по прямой ролик должен находиться по центру червяка. Для правильности установки сошки шлицевое соединение оснащено сдвоенными единицами. Это исключает вероятность неправильной установки детали» [5].

«Продольная рулевая тяга (рисунок 15) – трубчатая с двумя регулируемыми шарнирами.



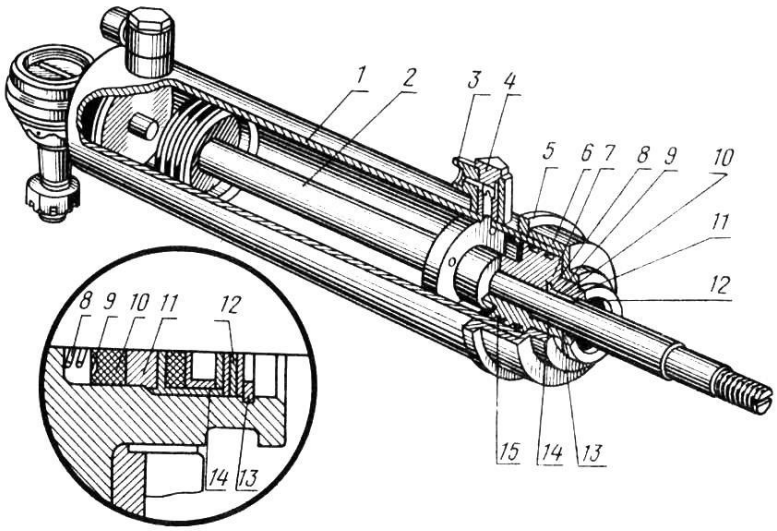
1, 16 – опорные шайбы; 2, 5 – манжеты; 3 – болт; 4 – золотник; 6 – гайка; 7 – шаровой палец; 8 – сухарь; 9 – наконечник; 10 – гайка; 11 – стакан; 12 – пружина; 13 – ограничитель пружины; 14 – защитная муфта; 15 – рулевая сошка; 17 – корпус; 18 – обратный клапан

Рисунок 15 – Наконечник продольной рулевой тяги и распределитель усилителя автомобиля ГАЗ-66

На переднем конце тяги закреплено устройство усилителя. Каждый шарнир состоит из шарового пальца 7, двух сухарей 8, пружины 12 с ограничителем 13, гайки 6 со штифтом (на переднем конце) или пробки со шплинтом (на заднем конце), масленки и защитной муфты 14. Основные

детали шарнира помещены в стакане 11, детали заднего шарнира размещаются непосредственно в наконечнике, изготовленном заодно с тягой. Стакан 11 размещается в наконечнике тяги и может перемещаться в осевом направлении на 3 мм. Пружина 12 плотно прижимает сухари 8 к шаровому пальцу и предотвращает образование зазора в соединении. К шаровому пальцу на переднем конце крепиться рулевая сошка 15, на заднем конце – поворотный рычаг» [5].

«Силовой цилиндр (рисунок 16) преобразует давление масла в усилие, необходимое для поворота управляемых колес. Силовой цилиндр состоит из корпуса 1 с проушиной, направляющей головки 7 с накидной гайкой 6 и контргайкой 5, поршня со штоком 2 и уплотнений. Полости силового цилиндра соединяются трубопроводами с распределителем.



1 – корпус; 2 – шток с поршнем; 3 – штуцер; 4 – гайка штуцера; 5 – контргайка; 6 – гайка цилиндра; 7 – головка цилиндра; 8 – пружина уплотнения; 9 – распорная чашка; 10 – манжета; 11 – втулка; 12 – шайба; 13 – стопорное кольцо; 14 – сальник; 15 – уплотнительное кольцо

Рисунок 16 – Силовой цилиндр усилителя автомобиля ГАЗ-66

При повороте рулевого колеса направо усилие водителя через рулевой механизм передается на сошку, которая перемещается назад, увлекая за

собой шаровой палец и детали шарнира продольной рулевой тяги в этом направлении. Стакан шарнира через болт перемещает за собой золотник на величину около 1,5 мм. Передний поясок золотника перекрывает кольцевую щель, связывающую левую полость силового цилиндра с насосом; задний поясок расширяет кольцевую щель, связывающую правую полость силового цилиндра с насосом. Средний поясок золотника перекрывает кольцевую щель, соединяющую правую полость цилиндра со сливом, и расширяет кольцевую щель, соединяющую левую полость цилиндра со сливом» [5].

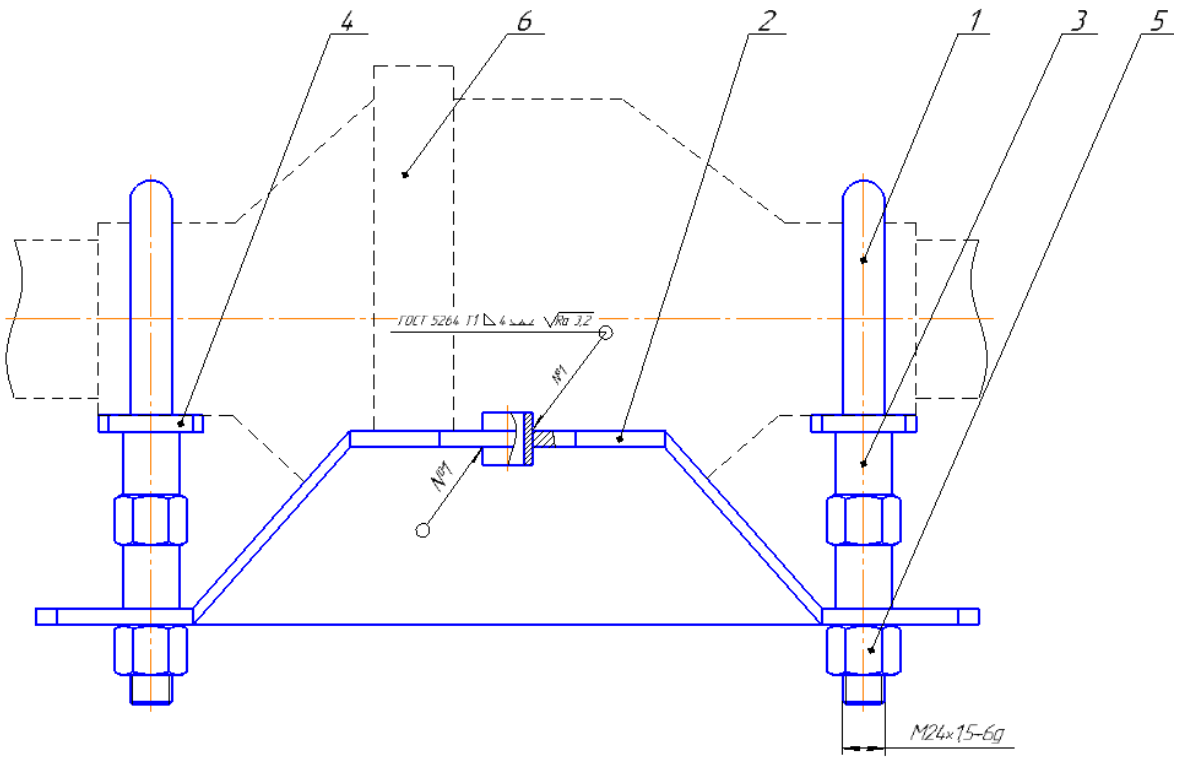
«Масло от насоса через распределитель поступает в правую полость силового цилиндра, давит на поршень и перемещает его. Это движение поршня через шток передается на поперечную рулевую тягу и далее на колеса. Одновременно масло из левой полости цилиндра вытесняется поршнем через распределитель на слив, в бачок. Таким образом, усилие водителя, прикладываемое к рулевому колесу, увеличивается за счет действия усилителя, что облегчает поворот управляемых колес, При прекращении поворота рулевого колеса масло еще какое-то время продолжает поступать в силовой цилиндр, его поршень воздействует на поперечную рулевую тягу, которая через поворотные рычаги перемещает назад продольную рулевую тягу. Закрепленный на ней корпус распределителя надвигается на золотник, и последний оказывается в среднем положении. Давление масла в обеих полостях силового цилиндра выравнивается, и поршень останавливается. Управляемые колеса остаются в заданном положении.

Поворот налево осуществляется аналогично, но золотник смещается вперед, масло от насоса подается в правую полость силового цилиндра, а левая полость соединяется со сливом» [5].

Кронштейн для крепления гидроцилиндра (рисунок 17) выполняем собственной разработки. Спецификация представлена в Приложение А (Рисунок А1, А2).

Основными частями конструкции кронштейна для крепления гидроцилиндра являются:

– пластина гидроцилиндра,
– две стремянки,
– втулка,
– пластина.



1 – стремянка; 2 – пластина гидроцилиндра; 3 – втулка; 4 – пластина; 5 –гайка; 6 – корпус дифференциала

Рисунок 17 – Кронштейн для крепления гидроцилиндра

Кронштейн гидроцилиндра на стремянках через дистанционные втулки крепится к корпусу дифференциала. Конструкция кронштейна крепления гидроцилиндра достаточно проста для изготовления.

Модернизация рулевого управления снегоболотохода МАРШ выполнена путем установки нового рулевого редуктора УАЗ 469, продольной рулевой тяги с золотником ГАЗ 66, внедрения гидроцилиндра двустороннего действия ГАЗ 66, изготовления кронштейна крепления гидроцилиндра.

Разработанная конструкция развивает достаточное усилие для вращения колес низкого давления большой размерности, обеспечивает беспрепятственное управление на любом типе дорожного покрытия.

Также положительным моментом является перенос усилия с сошки рулевого редуктора на поперечную рулевую тягу. Тем самым увеличиться срок службы рулевого редуктора, так как нагрузка на него снизиться.

Спецификация на модернизированное рулевое управление снегоболотохода «Марш» представлена в Приложении А.

3.3 Определение параметров маневренности автомобиля

Для определения параметров маневренности автомобиля составляем схему поворота автомобиля (рисунок 18).

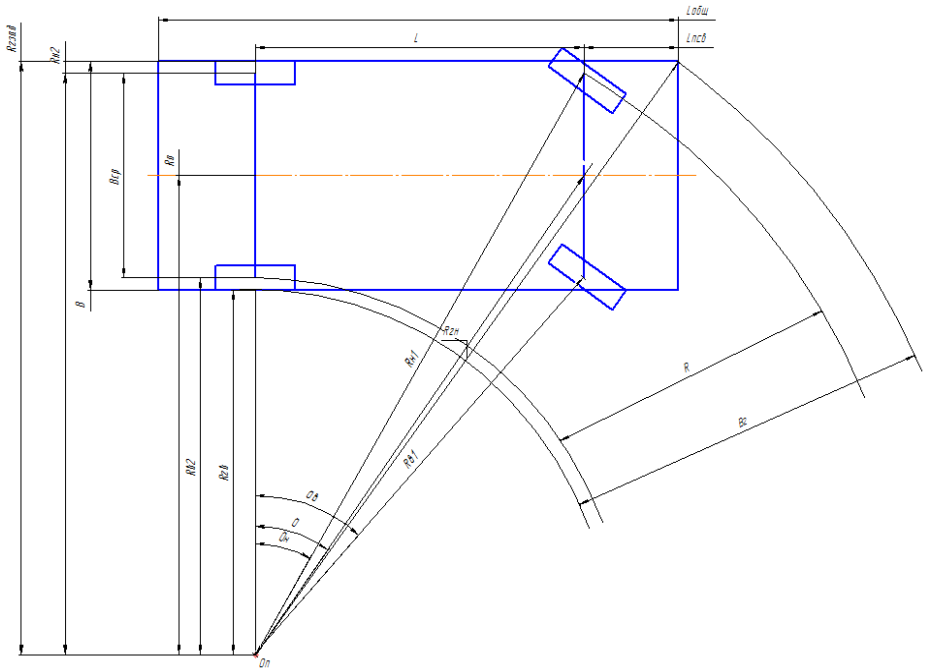


Рисунок 18 – Схема поворота автомобиля

В технических характеристиках задается максимальный угол поворота управляемых колес $\theta_в = 26^\circ$.

$$R_{в1} = \frac{L}{\sin\theta_н}, \tag{43}$$

$$R_{в1} = \frac{3,02}{\sin 26^\circ} = 6,8 \text{ м},$$

$$R_{в2} = \sqrt{R_{в1}{}^2 - L^2}, \tag{44}$$

$$R_{в2} = \sqrt{6,8^2 - 3,02^2} = 6,09 \text{ м},$$

$$R_{Гв} = R_{в2} + \frac{B_{ср}}{2} - \frac{B}{2}, \tag{45}$$

$$R_{Гв} = 6,09 + 0,99 - 1,25 = 5,83 \text{ м}.$$

Определяем минимальный радиус поворота:

$$R_0 = R_{B2} + \frac{B_{ср}}{2}, \tag{46}$$

$$R_0 = 6,09 + 0,99 = 7,08 \text{ м},$$

$$R_{H2} = R_{в2} + B_{ср}, \tag{47}$$

$$R_{H2} = 6,09 + 1,94 = 8,03 \text{ м},$$

$$R_{Гз} = R_{H2} - \frac{B_{ср}}{2} + \frac{B}{2}, \tag{48}$$

$$R_{Гз} = 8,03 - 0,99 + 1,25 = 8,29 \text{ м},$$

$$R_{Гн} = \sqrt{(L + L_{Псв})^2 + R_{Гз}{}^2} = 8,82 \text{ м}, \tag{49}$$

$$R_{H1} = \sqrt{R_{H2}{}^2 + L^2} = 8,58 \text{ м}, \tag{50}$$

$$\sin\theta_н = \frac{L}{R_{H1}}, \tag{51}$$

$$\sin\theta_н = \frac{3,02}{8,58} = 0,35,$$

$$\theta_н = 20,49^\circ.$$

Определяем ширину проезжей части по следу колес

$$\Delta R = 8,58 - 6,09 = 2,49 \text{ м.}, \quad (52)$$

«Определяем габаритную полосу движения:

$$B_г = R_{г внеш} - R_{г внут},, \quad (53)$$

где L – база автомобиля, м;

θ – средний угол поворота управляемых колес, град.;

$\theta_в$ – угол поворота внутреннего управляемого колеса, град.;

$\theta_н$ – угол поворота наружного управляемого колеса, град.;

$R_{н1}$ – радиус поворота наружного переднего колеса, м;

$R_{в2}$ – радиус поворота внутреннего заднего колеса, м.

$R_{г внеш}$ – внешний габаритный радиус поворота, м;

$R_{г внут}$ – внутренний габаритный радиус поворота, м.

B – ширина автомобиля, м;

$R_{Гз}$ – внешний задний габаритный радиус

$L_{Псв}$ – передний свес автомобиля» [14].

$$B_г = 8,82 - 5,83 = 2,99 \text{ м.}$$

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» составлена классификация рулевых управлений, выполнена модернизация рулевого управления снегоболотохода «Марш», определены параметры маневренности автомобиля.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [29].

Для сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш» предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид модернизации не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

Определяем такт выпуска:

$$T_Д = \frac{F_Д \cdot 60 \cdot m}{N}, \tag{54}$$

где $F_Д$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным $F_Д = 2070$ ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах;

m – количество смен, принимается равным $m = 1$;

N – годовой объем выпуска, принимается равным $N = 200$ шт.

$$T_Д = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{200} = 621 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш» представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 5), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 5 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Отсоединить рулевой кардан от вала рулевого редуктор	0,1
«Открутить масляные магистрали подачи и обратного стока масла от рулевого редуктора и опустить их в тару для слива масла	0,2
Демонтировать рулевую тягу соединяющую рулевой редуктор и левый поворотный кулак	0,5» [13].
Снять рулевой редуктор, открутив три болта крепления редуктора к раме	0,35
Демонтировать поперечную рулевую тягу	0,5
Открутить правый рулевой наконечник поперечной рулевой тяги	0,2
«Установить и закрепить проушину для крепления штока гидроцилиндра	1
Прикрутить правый рулевой наконечник к модернизированной поперечной рулевой тяге	0,2» [13].
Установить поперечную рулевую тягу, закрепить её в поворотных кулаках	0,4
Выставить и закрепить стремянки на корпусе дифференциала переднего моста	0,5
Закрепить кронштейн гидроцилиндра на стремянках через дистанционные втулки	0,5
Установить гидроцилиндр, шарнирным пальцем в кронштейн закреплённый на картере переднего моста	0,2
«Установить шток гидроцилиндра в проушину на поперечной рулевой тяге через амортизационные резиновые проставки	0,2» [13].
Смонтировать рулевой редуктор УАЗ 4690	0,35

Продолжение таблицы 5

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Установить рулевой кардан на вал рулевого редуктора	0,15
Перекрутить рулевую сошку с штатного рулевого редуктора на рулевой редуктор УАЗ 469	0,25
«Соединить золотниковый механизм и рулевую тягу идущую от рулевого редуктора к левому поворотному кулаку	0,4
Установить рулевую тягу рулевым наконечником в левый поворотный кулак золотником в рулевую сошку	0,3
Вкрутить масляную магистраль подачи и обратного слива масла от насоса в золотниковый механизм	0,2» [13].
Соединить золотниковый механизм с полостями гидроцилиндра двумя трубопроводами	0,2
«Заполнить систему гидравлическим маслом	0,4
Прокачать гидросистему на заведённом двигателе при необходимости доливать масло в систему	0,3
Проверить систему на подтеки масла, если они есть, устранить	0,5
Привести в соответствие с технической документацией углы схода управляемых передних колёс	1» [13].
Итого:	8,9

4.2 Определение трудоемкости сборки

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

$$t_{оп}^{общ} = \sum t_{оп1} + t_{оп2} + ...t_{оп_n}, \qquad (55)$$

$$t_{оп}^{общ} = \sum t_{оп1} + t_{оп2} + ...t_{оп_n}$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{оп}^{общ} + t_{оп}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \qquad (56)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах α=2-3%, принимаем α=3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах β=4-6%, принимаем β=5%» [8].

$$t_{шт}^{общ} = 8,9 + 8,9 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 9,612 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш»

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Технологический процесс сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш»

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
005	Сборочная	«1	Отсоединить рулевой кардан от вала рулевого редуктора	накидной ключ на 13 головка на 13	7,1
		2	Открутить масляные магистрали подачи и обратного стока масла от рулевого редуктора и опустить их в тару для слива масла	головка на 22, на 19	
		3	Демонтировать рулевую тягу соединяющую рулевой редуктор и левый поворотный кулак	ключ на 19, головка на 22, молоток, съемник для демонтажа рулевых пальцев	
		4	Снять рулевой редуктор, открутив три болта крепления редуктора к раме	вороток, головка на 17	
		5	Демонтировать поперечную рулевую тягу	съемник для рулевых пальцев, головка на 22	
		6	Открутить правый рулевой наконечник поперечной рулевой тяги	разводной ключ до 50 мм, ключ на 27» [15].	
		7	Установить и закрепить проушину	молоток, запрессовочная	

Продолжение таблицы 6

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
		«7	для крепления штока гидроцилиндра	проставка, ручная дуговая сварка	
		8	Прикрутить правый рулевой наконечник к модернизированной поперечной рулевой тяге	ключ на 27, разводной ключ до 50 мм	
		9	Установить поперечную рулевую тягу, закрепить её в поворотных кулаках	головка на 22	
		10	Выставить и закрепить стремянки на корпусе дифференциала переднего моста	метрическая линейка, уровень, ключ на 30	
		11	Закрепить кронштейн гидроцилиндра на стремянках через дистанционные втулки	ключ на 30	
		12	Установить гидроцилиндр, шарнирным пальцем в кронштейн закреплённый на картере переднего моста	головка на 24	
		13	Установить шток гидроцилиндра в проушину на поперечной рулевой тяге через амортизационные резиновые проставки	головка на 19	
		14	Смонтировать рулевой редуктор УАЗ 4690,25	вороток, головка на 17	
		15	Установить рулевой кардан на вал рулевого редуктора	головка на 13, накидной ключ на 13	
		16	Перекрутить рулевую сошку с штатного рулевого редуктора на рулевой	головка на 36» [15].	
		17	Соединить золотниковый механизм и рулевую тягу идущую от	плашка, газовый ключ, ручная дуговая сварка	

Продолжение таблицы 6

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
			рулевого редуктора к левому поворотному кулаку		
		18	«Установить рулевую тягу рулевым наконечником в левый поворотный кулак золотником в рулевую сошку	вороток, головка на 22	
		19	Вкрутить масляную магистраль подачи и обратного слива масла от насоса в золотниковый механизм	рожковый ключ на 13, на 14	
		20	Соединить золотниковый механизм с полостями гидроцилиндра двумя трубопроводами	ключ на 13, накидной ключ на 17	
		21	Заполнить систему гидравлическим маслом	заливная воронка	
010	Регулировочная	1	Прокачать гидросистему на заведённом двигателе, при необходимости долить масло в систему	–	1,8
		2	Проверить систему на подтеки масла, если они есть, устранить	–	
		3	Привести в соответствие с технической документацией углы схода управляемых передних колёс	стенд сход-развала» [15].	

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш».

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Рабочие в различных отраслях промышленности сталкиваются с вопросами безопасности, связанными с качеством воздуха, температурой и работой оборудования. Для обеспечения безопасности сотрудников в таких отраслях, как коммунальное хозяйство, нефть и газ, общественная безопасность, транспорт, производство и природные ресурсы, рабочие должны быть обеспечены технологиями, которые позволяют им исключить риски и максимально защититься от известных опасностей.

«По оценкам Международной организации труда, каждый год в результате несчастных случаев на рабочем месте или болезней погибает 2,83 млн человек. Во всем мире насчитывается около 381 млн несчастных случаев на производстве и 160 млн жертв профессиональных заболеваний. Международная организация труда установила, что вредные и опасные вещества вызывают более 650 тыс. смертей в год, а строительная отрасль является источником наибольшего количества несчастных случаев» [17].

В отчете говорится, что улучшение качества работы включает в себя меньшую подверженность рискам, включая такие опасности, как испарения вредных веществ, контакт с химическими веществами, небезопасные методы работы и так далее.

Эффективная программа безопасности обеспечивает возврат инвестиций в размере 200%, помогая сократить расходы на компенсацию работникам и повышая производительность. Безопасность также может помочь улучшить качество работы: в отчете, охватывающем 1,2 млрд работников во всем мире, говорится, что повышение качества работы важно как для работников, так и для работодателей.

В зарубежных компаниях, использующих системы и программное обеспечение для оценки подрядчиков, а также для отслеживания и мониторинга безопасности сотрудников и подрядчиков еще до того, как они выйдут на объект, могут увидеть сокращение числа инцидентов, связанных с

безопасностью, на 50% по сравнению со средними показателями Бюро трудовой статистики.

Большинство организаций в различных отраслях используют технологии как способ повышения производительности. Автоматизация и оптимизация процессов с использованием роботов и других технологических инноваций может помочь предприятиям делать больше с меньшими затратами, снижать затраты и повышать эффективность. Однако теперь известно, что технологии также могут помочь улучшить состояние безопасности труда.

Например, предприятия используют цифровые технологии и программное обеспечение, чтобы сотрудники могли лучше понимать обстановку на рабочем месте и опасности, с которыми они могут столкнуться. Используя технологии для повышения осведомленности о рисках и их снижения, организациям будет легче соблюдать последние правила и стандарты, применимые к отрасли в каждой конкретной стране.

Существует пять способов, которыми технологии могут помочь повысить безопасность работников:

- коммуникации. Высокоскоростная связь и информация в режиме реального времени позволяют работодателям знать о состоянии качества воздуха, тепла и конкретных рисках, чтобы они могли устранить эти опасности до того, как они нанесут травму. Если произойдет травма, сотрудникам нужна надежная связь, чтобы позвать на помощь и сообщить об этом первым;
- идентификация опасности. Мгновенное управление безопасностью с помощью мобильного устройства может помочь организациям выявлять и устранять опасности по мере их возникновения. Рабочие могут фотографировать опасности и заполнять мобильные контрольные списки безопасности, а также проводить инструктаж на рабочем месте, для обеспечения безопасности всех работников;

– виртуальная и дополненная реальность. Виртуальная реальность и дополненная реальность могут помочь в обучении сотрудников тому, как справляться с опасными ситуациями, не подвергая их опасности. Дополненная реальность может позволить техническим специалистам или опытным работникам обучать других таким процессам, как ремонт машин, без необходимости физического увеличения числа людей в окружающей среде. Это может быть полезно, если сама процедура ремонта опасна, опасны условия;
– дроны. Дроны можно использовать, когда объекты слишком опасны для людей, чтобы исследовать их, например, если произошла утечка газа или другой химический разлив. Дроны могут собирать информацию и позволять командам по очистке определять наиболее безопасный план действий, не подвергаясь опасности;
– автоматизация и робототехника. Автоматизация повышает безопасность, снимая с людей бремя тяжелой ручной работы. Роботы могут выполнять тяжелую работу, позволяя людям сосредоточиться на более творческих задачах. Это особенно полезно на складах с недоукомплектованным персоналом и других объектах, где необходимость поддерживать производительность может создать культуру, при которой некоторый риск принимается в обмен на более быстрое выполнение работы. Добавление роботов к рабочей силе может облегчить нагрузку и снизить риск. Роботы также могут помочь на производственных объектах или строительных площадках, где людям больше не нужно ходить с места на место, чтобы забрать материалы, необходимые для их части сборки или сборки. Вместо этого роботы могут доставлять им нужные детали, когда они им нужны, сокращая расстояние, которое проходят люди, и тем самым снижая утомляемость и риск несчастных случаев.

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 составлен технологический паспорт, представленный в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922	1 Проверить крепление картера рулевого механизма к раме, рулевой колонки к кронштейну кабины и рулевого колеса на валу рулевого механизма. 2 Проверить свободный ход рулевого колеса, зазоры в шарнирах рулевых тяг и в шкворневых соединениях, крепление	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	Рожковые ключи на: «13», «14», «17», «19» «24», «32», прибор для проверки технического состояния рулевого управления, отвёртка, универсальная линейка для проверки схождения колёс, динамометрический ключ, стенд для колес балансировочный	Ветошь

Продолжение таблицы 7

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	сошки. 3 Проверить затяжку карданного вала рулевого управления. 4 Проверить правильность расположения и состояния балки передней оси. 5 Проверить и отрегулировать схождение передних колес. 6 Проверить углы установки и балансировку колес			

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее причинить вред. Для описания всего процесса часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском).

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при обслуживании модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Проверка крепления картера рулевого механизма к раме, рулевой колонки к кронштейну кабины и рулевого колеса на валу рулевого механизма. 2 Проверка свободного хода рулевого колеса, зазоров в шарнирах рулевых тяг и в шкворневых соединениях, крепление сошки. 3 Проверка затяжки карданного вала рулевого управления. 4 Проверка правильности расположения и состояния балки передней оси. 5 Проверка и регулировка схождения передних колес. 6 Проверка углов установки и балансировки колес	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Технологическое оборудование зоны ТО, станки
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Элементы конструкции автомобиля
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции» [29].

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование

мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [22].

«Основные мероприятия:

а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
   1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
   2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
   3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [17].

б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;

в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;

г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;

д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;

з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;

и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;

к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства РФ» [26].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	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)» [17].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума.	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные » [17].

Продолжение таблицы 9

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [9].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [17]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – 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 оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [9]. – коммуникации. Высокоскоростная связь и информация в режиме реального времени позволяют работодателям знать о состоянии качества воздуха, тепла и конкретных рисках, чтобы они могли устранить эти опасности до того, как они нанесут травму. Если произойдет травма, сотрудникам нужна надежная связь, чтобы позвать на помощь и сообщить об этом первым.	–

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 10).

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [27].

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

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

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения (далее – СИЗ),

защиты органов дыхания;

– ручной, механизированный инструмент» [9].

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 – 1шт.;
– 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» [17].
– автоматизация и робототехника. Автоматизация повышает безопасность, снимая с людей бремя тяжелой ручной работы. Роботы могут выполнять тяжелую работу, позволяя людям сосредоточиться на более творческих задачах. Это особенно полезно на складах с недоукомплектованным персоналом и других объектах, где необходимость поддерживать производительность может создать культуру, при которой некоторый риск принимается в обмен на более быстрое выполнение работы. Добавление роботов к рабочей силе может облегчить нагрузку и снизить риск. Роботы также могут помочь на производственных объектах или строительных площадках, где людям больше не нужно ходить с места на место, чтобы забрать материалы, необходимые для их

части сборки или сборки. Вместо этого роботы могут доставлять им нужные детали, когда они им нужны, сокращая расстояние, которое проходят люди, и тем самым снижая утомляемость и риск несчастных случаев.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922

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» [7]
«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» [9]
«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» [17]
«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» [9].
«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» [17]

Продолжение таблицы 11

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«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» [17]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 и сведем их в таблицу 12.

Таблица 12 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [20].

«Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922:

– атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных

устройствах и своевременная их замена;

- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются» [17].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан Технологический паспорт производственно-технологического процесса обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 (таблица 7);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 (таблица 8) и определены методы и средства их снижения (таблица 9);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 (таблицы 10, 11);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе обслуживания модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 12).

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на модернизацию рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 воспользуемся формулой:

$$C_{КОН} = C_{К.Д} + C_{О.Д} + C_{СБ.П} + C_{П.Д} + C_{О.Н}, \quad (57)$$

где $C_{К.Д}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{О.Д}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{СБ.П}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{П.Д}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{О.Н}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [12].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{К.Д} = Q_К \cdot C_К, \quad (58)$$

где $Q_К$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_К$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [12].

В таблице 13 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 13 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Кронштейн для крепления гидравлического цилиндра	Сталь 45	2	1,6	72,0	144
Итого:	–	–	–	–	144

$$C_{К.Д} = 2 \cdot 72 = 144 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{О.Д} = C_{ПРН} + C_{М}, \quad (59)$$

где $C_{ПРН}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

$C_{М}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [12].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{ПР} = t \cdot C_{Ч} \cdot k_{t}, \quad (60)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, для установки гидроцилиндра понадобятся: накладка – 2 шт., скобы – 2 шт., трудоёмкость на изготовление деталей: накладки – 0,4 чел.-ч., скобы – 0,8 чел.-ч.

$$t = (2 \cdot t_{накладки} + 2 \cdot t_{скобы}),$$

$$t = 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ чел.-ч.}$$

$C_{Ч}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_{t} – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [12].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р» [12].

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: 15279/(7·21)=103,94 р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: 103,94·1,42=147,59 р./ч.

$$C_{ПР} = 2,4 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 364,84 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{Д} = (5...12) \cdot C_{ПР} / 100, \tag{61}$$

$$C_{Д} = 10 \cdot 364,84 / 100 = 36,48 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{СОЦ} = 30 \cdot (C_{ПР} + C_{Д}) / 100, \tag{62}$$

$$C_{СОЦ} = 30 \cdot (364,84 + 36,48) / 100 = 120,39 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma ПР} = 364,84 + 36,48 + 120,39 = 521,71 \text{ р.}$$

В таблице 14 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 14 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	364,84
Дополнительная заработная плата	36,48
Начисления на заработную плату	120,39
Итого:	521,71

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = Ц \cdot Q_З, \quad (63)$$

где $Ц$ – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

$Q_З$ – масса заготовки, кг» [12].

В таблице 15 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 15 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Накладка	Сталь 45	2	1,5	72,0	108
Скоба	Сталь 45	2	1,3	72,0	93,6
Итого:	–	–	–	–	201,6

$$C_M = 1,5 \cdot 72 + 1,3 \cdot 72 = 201,6 \text{ р.}$$

$$C_{О,Д} = 364,84 + 201,6 = 566,44 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (64)$$

где $C_{СБ}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – страховые взносы в фонды, р» [23].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{СБ} = T_{СБ} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (65)$$

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [12].

«Значение определяем по формуле:

$$T_{СБ} = k_C \cdot \Sigma t_{СБ}, \quad (66)$$

где $t_{СБ}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1…1,5» [12].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 6,2 чел.-ч.

$$T_{СБ} = 1,25 \cdot 6,2 = 7,75 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{СБ} = 7,75 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1178,13 \text{ р.},$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 1178,13 = 117,81 \text{ р.},$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (1178,13 + 117,81) = 388,78 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 1178,13 + 117,81 + 388,78 = 1684,72 \text{ р.}$$

В таблице 16 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 16 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	1178,13
Дополнительная заработная плата	117,81
Страховые взносы в фонды	388,78
Итого	1684,72

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{ОН} = \frac{\left(C_{ПР}{}^{/} \cdot R_{ОП}\right)}{100}, \qquad (67)$$

где $C'_{ПР}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{ОП}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C'_{ПР} = \left(C_{ПР} + C_{СБ}\right). \qquad (68)$$

Подставив числовые значения в формулу (49), получим:

$$C'_{ПР} = 364,84 + 1178,13 = 1542,97 \text{ р.}$$

$$C_{ОН} = \frac{(1542,97 \cdot 15)}{100} = 231,44 \text{ р.}$$

«Для данной конструкции необходимо приобрести рулевой редуктор УАЗ 469, рулевую тягу с золотником ГАЗ 66, рулевой гидроцилиндр ГАЗ 66 и гидравлические трубопроводы, а также метизы» [19].

Перечень деталей представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Рулевой редуктор	1	7000	7000
Рулевая тяга	1	9000	9000
Гидроцилиндр	1	5500	5500
Трубопровод	2	2400	4800
Болт	10	20,0	200
Гайка	10	10,0	100
Шайба	10	5,0	50
Итого:			26650

$$C_{ПД} = 7000 + 9000 + 5500 + 4800 + 200 + 100 + 50 = 26650 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 18.

$$C_{КОН} = 144 + 566{,}44 + 1684{,}72 + 231{,}44 + 26650 = 29276{,}6 \text{ р.}$$

Таблица 18 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	144
Затраты на изготовление оригинальных деталей	566,44
Затраты на сборку	1684,72
Общепроизводственные накладные расходы	231,44
Стоимость покупных изделий (деталей)	26650
Итого:	29276,6

Общие затраты на модернизацию рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 равны 29276,6 р. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж) 32 936,17 р.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости разработки.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$Э_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (69)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р. [12];

$$Э_Г = 45000 - 29276,6 = 15723,4 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{Э_Г}, \quad (70)$$

$$O_{ОК} = \frac{29276,6}{15723,4} = 1,86 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$Э_{ЭФ} = Э_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (71)$$

$$Э_{ЭФ} = 15723,4 - 0,15 \cdot 29276,6 = 11331,91 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлены основные показатели проекта.

Таблица 19 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	45000,0	29276,6
Экономия от снижения трудоемкости при внедрении конструкции	р.	-	15723,4
Экономический эффект	р.	-	11331,91
Срок окупаемости	год	-	1,86

Выводы по разделу. В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность модернизации рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922» с экономической стороны. Стоимость модернизации рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 составляет 29276,6 р, срок окупаемости равен 1,86 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассмотрен способ модернизации рулевого управления снегоболотохода «Марш» путем установки нового рулевого редуктора, внедрения гидроцилиндра двустороннего действия, изготовления кронштейна крепления гидроцилиндра, вся эта новая конструкция развивает достаточное усилие для вращения колес низкого давления большой размерности 1400×500×20, обеспечивает беспрепятственное управление на любом типе дорожного покрытия. Проведенные расчеты показали, что снегоболотоход имеет лучшие показатели проходимости за счет отличной информативности и легкости управления, чем стандартный автомобиль. Наблюдается улучшение таких показателей, как:

- устойчивость при движении на дорожном покрытии, что в свою очередь повышает безопасность при эксплуатации на дорогах общего пользования;
- управление снегоболотоходом стало намного комфортнее, гидроцилиндр выполняет роль рулевого демпфера и тем самым сглаживает удары при наезде на большие неровности в дорожном покрытии.

Выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированного рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 «Марш».

Рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности модернизации рулевого управления снегоболотохода «Марш».

Определена эффективность модернизации рулевого управления снегоболотохода БРОНТО-1922 с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования : учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта] ; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. - Кемерово : КузГТУ, 2021. - 203 с.

2 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1982-. - 22 см. Т. 2. - М. : Машиностроение, 1982. - 584 с.

3 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по смециальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Е. И. Блинов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва : МГУПИ, 2014. - 113 с.

4 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-"Прикладная механика", 23.03.03 (23.04.03)-"Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 23.03.01 (23.04.01)-"Технология транспортных процессов", 23.03.02 (23.04.02)-"Наземные транспортно-технологические комплексы", 23.05.01-"Наземные транспортно-технологические средства" / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

5 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.00.00 "Техника и технологии наземного транспорта", 20.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" (квалификация специалист) / В. М. Виноградов, А. А. Черепахин, В. Ф. Солдатов. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 344, [1] с.

6 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

7 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 с.

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

10 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / О. О. Горшкова, Г. Н. Шпитко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский индустриальный университет". - Тюмень : ТИУ, 2016. - 333 с.

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

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

13 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ;

Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

14 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.] ; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2016. - 176 с.

15 Кудрявцев Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов [Текст] : учебное пособие по направлению 25.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства", профиль "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Е. М. Кудрявцев. - Москва : АСВ, 2018. - 327 с.

16 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

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

18 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2016. - 21 см.

19 Огороднов С. М.Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева". - Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. - 284, [1] с.

20 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие : специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова" ; составители: А. В. Русинов [и др.]. - Саратов : Амирит, 2022. - 116 с.

21 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

22 Русинов А. В. Основы дизайна в машиностроении : учебное пособие для студентов обучающихся в высших учебных учреждениях по направлению подготовки "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Русинов А. В. ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова". - Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. - 101 с.

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

24 Фиала И. Внедорожные автомобили : иллюстрированная энциклопедия / Иржи Фиала ; [пер. с чеш. яз. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2006. - 303, [1] с.

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

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

образования Московский государственный технический университет имена Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, cop. 2018. - 65 с.

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

28 Genta G. The Automotive Chassis. Vol. 2: System Design / Prof. Dr. Giancarlo Genta, Prof. Dr. Lorenzo Morello. - [Without locations], Netherlands : Springer Science+Business Media, 2009. - 832 p.

29 Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. - New York: Springer, 2008. - 1015 p.

30 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., NY, 2013. - 435 p.

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

Приложение А

Спецификации

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А4			22.ДП.ПЭА.146.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1			22.ДП.ПЭА.146.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
				Сборочные единицы		
		1	22.ДП.ПЭА.146.61.01.000	Гидроцилиндр	1	
А1		2	22.ДП.ПЭА.146.61.02.000	Продольная рулевая тяга	1	
		3	22.ДП.ПЭА.146.61.03.000	Поперечная рулевая тяга	1	
		4	22.ДП.ПЭА.146.61.04.000	Редуктор	1	
		5	22.ДП.ПЭА.146.61.05.000	Насос гидроусилителя	1	
				Детали		
		6	22.ДП.ПЭА.146.61.00.006	Сошка	1	
		7	22.ДП.ПЭА.146.61.00.007	Шкив	1	
		8	22.ДП.ПЭА.146.61.00.008	Шланг нагнетательный	1	
		9	22.ДП.ПЭА.146.61.00.009	Шланг сливной	1	
		10	22.ДП.ПЭА.146.61.00.010	Скоба	4	
		11	22.ДП.ПЭА.146.61.00.011	Винт	2	
		12	22.ДП.ПЭА.146.61.00.012	Гайка	2	
		13	22.ДП.ПЭА.146.61.00.013	Пряжка хомута	2	
		14	22.ДП.ПЭА.146.61.00.014	Лента хомута	2	

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.ДП.ПЭА.146.61.00.000		
Разраб.		Изотов			Соединение сошки с редуктором и золотниковым механизмом	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Пров.		Тизилов				ТГУ, ИМ, гр. АТс-1701а	
Н.контр.		Тизилов					
Утв.		Бобровский					

Копировал Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на тягу рулевую продольную

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		15	22.ДП.ПЭА.146.61.00.015	Шплинт	2	
		16	22.ДП.ПЭА.146.61.00.016	Трубка в сборе	1	
		17	22.ДП.ПЭА.146.61.00.017	Трубка в сборе	2	
		18	22.ДП.ПЭА.146.61.00.018	Скоба	2	
		19	22.ДП.ПЭА.146.61.00.019	Муфта	1	
		20	22.ДП.ПЭА.146.61.00.020	Болт	1	
		21	22.ДП.ПЭА.146.61.00.021	Шайба	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.ДП.ПЭА.146.61.00.000	Лист 2
		Изотов				
		Тизилов				

Копировал Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на тягу рулевую продольную