

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Совершенствование элементов трансмиссии автомобиля УАЗ СГР на шинах  
сверхнизкого давления

Обучающийся

И.О. Беляев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Совершенствование элементов трансмиссии автомобиля УАЗ СГР на шинах сверхнизкого давления».

Цель работы заключается в повышении эффективности и надежности транспортного средства путем оптимизации трансмиссии и адаптации ее под особенности эксплуатации с данным типом шин. В рамках проекта проведено проектирование и оптимизация элементов трансмиссии с учетом особенностей использования шин сверхнизкого давления.

Разработаны новые конструкции или внесены изменения в существующие, направленные на улучшение характеристик автомобиля, увеличение проходимости и снижение износа.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 120 страниц с приложениями.

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

В первом разделе выполнен обзор существующих конструкций вездеходов.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля.

В третьем разделе проведены конструкторские расчеты элементов трансмиссии автомобиля УАЗ СГР.

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

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

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The modernization of the transmission of an all-terrain vehicle on ultra-low pressure tires based on UAZ».

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

The key issue of the graduation project is the modernization of the transmission of an all-terrain vehicle on ultra-low pressure tires based on UAZ.

Snow and swamp-going vehicles are widely used for hunting, fishing, tourism, expeditions, as well as in agriculture and forestry. They are able to overcome complex natural obstacles such as snow, swamps, rivers, ice fields, etc. These vehicles provide mobility and accessibility to remote and hard-to-reach areas where conventional vehicles cannot travel

The aim of the work is to modernize of the transmission of an all-terrain vehicle on ultra-low pressure tires based on UAZ.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the consideration of the existing all-terrain vehicle designs; the traction-dynamic calculation of a vehicle; the design calculations of the transmission elements of the UAZ SGR; determination of the organizational form of the assembly of assembling the designed suspension, its technological process and labor intensity.

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

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	9
2 Тягово-динамический расчёт автомобиля .....	18
2.1 Тяговая характеристика.....	18
2.2 Динамическая характеристика.....	22
2.3 Ускорение при разгоне автомобиля .....	24
2.4 Определение времени и пути разгона автомобиля.....	27
3 Конструкторская часть .....	32
3.1 Разработка кинематической схемы автомобиля .....	32
3.2 Выбор основных механизмов трансмиссии .....	33
3.3 Определение весовых параметров и подбор шин.....	34
3.4 Определение передаточных чисел главной передачи.....	35
3.5 Определение передаточных чисел коробки передач.....	36
3.6 Определение передаточных чисел раздаточной коробки.....	38
3.7 Расчёт цилиндрической передачи колёсного редуктора.....	40
3.8 Расчёт валов колёсного редуктора .....	49
3.9 Подбор подшипников колёсного редуктора .....	59
3.10 Расчет автомобиля на устойчивость .....	61
3.11 Расчет радиусов поворота .....	67
4 Технологический раздел.....	72
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	72
4.2 Разработка технологического процесса сборки.....	77
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	84
5.1 Описание технологического процесса сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	85
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	86
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	88

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	94
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса.....	97
6 Экономическая эффективность проекта.....	100
6.1 Экономическое обоснование расчета .....	100
6.2 Определение затрат на переоборудование автомобиля в вездеход на шинах низкого давления.....	101
6.3 Расчет эксплуатационных затрат.....	104
Заключение .....	112
Список используемой литературы и используемых источников.....	113
Приложение А. Спецификации.....	116

## Введение

«Автомобильный транспорт остаётся самым популярным, а порой и единственным средством передвижения. Однако далеко не везде имеется развитая дорожная сеть для его применения» [2].

Поэтому в местах отсутствия дорог применяется специализированная техника.

Снегоболотоходы широко используются для охоты, рыбалки, туризма, экспедиций, а также в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве. Они способны преодолевать сложные природные препятствия, такие как снег, болота, реки, ледяные поля и т.д. Эти транспортные средства обеспечивают мобильность и доступность к удаленным и труднодоступным районам, где обычные автомобили не могут проехать.

Они имеют свои особенности и преимущества перед обычными автомобилями, а именно обладают высокой проходимостью, способностью двигаться по различным типам поверхностей, устойчивостью и надежностью в экстремальных условиях. Кроме того, они могут быть оснащены специальным оборудованием для перевозки грузов, пассажиров, а также для выполнения специализированных работ.

Таким образом, снегоболотоходы играют важную роль в транспортной инфраструктуре удаленных регионов, обеспечивая жителям и специалистам доступ к труднодоступным местам и обеспечивая выполнение различных задач в экстремальных условиях.

«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.

Вот почему в последнее время вездеходная техника оценивается по комплексной системе показателей, включающей геометрические, физико-механические и экологические характеристики» [12].

Такие вездеходы на шинах низкого давления обладают отличной проходимостью и могут преодолевать самые сложные препятствия. Они могут использоваться не только для передвижения по снежным и бездорожным местностям, но и для преодоления болотистых участков, песчаных дюн и других труднопроходимых мест.

Кроме того, такие вездеходы обладают низким удельным давлением на почву, что позволяет им не повреждать растительный покров и сохранять экологическое равновесие. Они также могут быть использованы для поездок по замерзшим водоемам и рекам, что делает их незаменимыми транспортными средствами для охотников, рыбаков и туристов.

Таким образом, вездеходы на шинах низкого давления имеют огромный потенциал и могут стать незаменимыми помощниками в условиях суровой природы северных территорий.

«Возможность беспрепятственно передвигаться по любому бездорожью вездеходы на пневматиках получили благодаря шинам сверхнизкого давления.

Уникальность этих шин заключается в повышенной прочности и износостойкости, а также 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, что дает отличное сцепление с любой поверхностью» [4].

Шины сверхнизкого давления широко используются в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, горнодобывающей промышленности, а также при организации экстремальных мероприятий, таких как ралли и экспедиции. Их преимущества в проходимости, экономичности и низком воздействии на окружающую среду делают их незаменимыми во многих сферах деятельности.

Этот вездеход будет незаменимым помощником для всех, кто работает

в труднодоступных условиях снежной и болотистой местности. Он обеспечит надежную транспортировку и доступ к удаленным районам, где обычные автомобили не смогут проехать. Благодаря своей маневренности и способности преодолевать сложные препятствия, этот снегоболотоход станет незаменимым помощником для многих профессионалов и любителей природы.

Целью выполнения работы является модернизация трансмиссии вездехода на шинах сверхнизкого давления на базе УАЗ.

В процессе выполнения работы необходимо учесть требования по надежности и долговечности конструкции, а также обеспечить удобство использования и обслуживания автомобиля. При проектировании вездехода на шинах сверхнизкого давления необходимо учитывать особенности работы в сложных условиях бездорожья, а также обеспечить высокую проходимость и маневренность. Для успешной реализации проекта необходимо также провести технико-экономическое обоснование, включающее в себя расчет затрат на разработку и производство автомобиля, оценку рыночного спроса на такой тип транспортного средства, анализ конкурентов и потенциальных партнеров. Важно также уделить внимание вопросам экологической безопасности проекта, в том числе выбору экологически чистых материалов и технологий производства, а также уменьшению вредных выбросов и потребления ресурсов.

## 1 Состояние вопроса

Более подробно остановимся на вездеходах, которые находятся в открытой продаже на территории Российской Федерации.

«Вездеход модели Лопасня транспортное средство повышенной проходимости на пневматиках сверхнизкого давления, обеспечивающее при низком расходе топлива передвижение по слабонесущим грунтам без разрушения растительного покрова и образования значительной колеи (экологически чистое по отношению к почве). Вездеход амфибия на шинах низкого давления преодолевает лессовые грунты, болота, открытые водные пространства, пересеченную местность с уклонами до 87% (41 градус), отдельно стоящие препятствия высотой до 400 мм. Передвигается по снежной целине с глубиной снега до 60 см.

Снегоболотоход выпускается в двух модификациях – 6-ти колесный и 4-х колесный и двумя комплектами шин: зимним и летним. Он имеет несущий герметичный, утепленный кузов из высокопрочных алюминиевых сплавов, независимую длинноходовую подвеску, автомобильный мотор и трансмиссию из стандартных автомобильных узлов» [2].

Вездеход представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Вездеход «Лопасня»

Базовый трехосный вездеход ТРЭКОЛ-3929 (рисунок 2) вмещает в себя 8 человек, включая водителя.

«Кузов внедорожника отличается нетрадиционными техническими решениями в связи с необходимостью жесткой минимизации собственной (снаряженной) массы вездехода. Он представляет собой сложную пространственную конструкцию, изготовленную из дюралюминия. Кузов утепляется пенопластом и рассчитан на долгую эксплуатацию в самых тяжелых условиях. Вездеход комплектуется карбюраторным двигателем ВАЗ-21083 (1,5 л., 70 л.с.) или французским дизелем Peugeot DW8 (1,9 л., 70 л.с.). Максимальная скорость на шоссе 80 км/ч, на воде – 8-10 км/ч» [2].



Рисунок 2 – Вездеход ТРЭКОЛ-3929

LADA-БРОНТО-1922 «МАРШ» представлен на рисунке 3.

«МАРШ» внедорожное транспортное средство с колесной формулой 4×4 на пневмоколесных движителях сверхнизкого давления (рисунок 3). Оригинальная конструкция вездехода разработана с использованием узлов и деталей автомобилей массового производства ВАЗ и УАЗ.

Трехдверный кузов установлен на раму через эластичные подушки. За счет конструкции эластичных тонкостенных шин сверхнизкого давления с

высокопрочным кордом он оказывает давление на грунт не более 200 г/см<sup>2</sup>, что позволяет ему двигаться, не повреждая верхние слои почвы и растительный покров.

Высокая проходимость, достигаемая полным приводом, особенностями трансмиссии и свойствами шин, позволяет данному экологическому вездеходу беспрепятственно передвигаться по глубокому снегу, сыпучему песку, непроходимым болотистым местам, легко преодолевая преграды, возникающие на пути, включая преграды вброд» [2].



Рисунок 3 – Вездеход LADA-БРОНТО 1922 «МАРШ»

Четырехколесный ТРЭКОЛ-39041 представлен на рисунке 4.

«ТРЭКОЛ выпускается в трех модификациях, различающихся исполнением кузова: «тентованный» (кузов УАЗ-31512), «цельнометаллический» (кузов УАЗ-31514) и «удлиненный» (кузов УАЗ-3153).

Большинство узлов и агрегатов этого вездехода – стандартные изделия заводов УАЗ и ГАЗ, что обеспечивает простоту в эксплуатации, облегчает техническое обслуживание и ремонт» [4].



Рисунок 4 – Вездеход ТРЭКОЛ-39041

Вездеход «Кержак» – проект созданный специалистами нижегородской фирмы «Спецтех» (рисунок 5).

«Верхняя часть автомобиля является кузовом бортовой Газели, кабина которой рассчитана на 6 посадочных мест. Автомобиль оснащен бензиновым двигателем ЗМЗ-406, с системой охлаждения. С мотором агрегирована пятиступенчатая коробка передач, связанная карданным валом с раздаточной коробкой, имеющей встроенный межосевой дифференциал, механизм его блокировки и блок шестерен понижающего ряда» [2].



Рисунок 5 – Вездеход «Кержак»

«Отличие от стандартного исполнения бортовой Газели начинаются на стыке верхней и нижней половинок конструкции. Четко на линии раздела заметен каркас из труб прямоугольного сечения, которым усилена стандартная рама Газели. К раме жестко прикреплены П-образные «ходули» с огромными колесами от минского трактора МТЗ-82. Необходимо понимать, что тяжелые тракторные мосты – это огромные неподрессоренные массы, а значит имеются проблемы с плавностью хода и управляемостью. Угловые конические редукторы повышают механические потери в трансмиссии. И наконец, высокий кузов на длинных «ходулях» – это потенциальный «перевертыш», не способный держать боковой крен.

Однако на максимальных скоростях движения, на которые рассчитан Кержак (50 км/ч), величина неподрессоренных масс не критична – плавность хода и управляемость тихоходной внедорожной техники определяются главным образом характеристиками рулевого управления и условиями качения колес. Повышенные механические потери в данном случае тоже не являются большим злом – они все равно на порядок меньше, чем у гусеничной техники. С потенциальной склонностью к опрокидыванию, видимо, придется мириться – производителю хотя бы следует указать в инструкции предельный угол крена» [2].

«Арочные мосты от трактора Беларусь вкупе с шинами размерностью 1300×700 позволяют получить гигантский дорожный просвет в 700 мм. Это значит, что Кержак в состоянии двигаться по следу любого колесного или гусеничного транспортного средства вне зависимости от глубины колеи. Огромный запас пространства под брюхом радикально улучшает проходимость и по глубокому снегу: даже если в какой-то момент колесам не хватит сцепных свойств, машина вряд ли сядет на днище и уж точно выедет назад своим ходом. Кстати, шины, которые устанавливаются на нижегородский снегоболотоход – это одна из последних разработок московской ассоциации Арктиктранс – предприятия, имеющего огромный опыт конструирования внедорожных колесных движителей для легких

вездеходов. Они могут работать при внутреннем давлении от 0,05 до 0,3 атм. и отличаются хитрым рисунком протектора, который эффективно самоочищается на липких (глиняных и торфяных) грунтах и благодаря боковым зубцам помогает машине выходить из скользкой колеи и выбираться сплава на лед» [5].

«Второй внедорожный плюс – наличие фрикционной блокировки межколесного дифференциала, которая автоматически срабатывает за счет сил трения при передаче крутящего момента от главной пары или тормозного момента от колес и частично компенсирует дефицит тяговой проходимости «бесподвесочного» Кержака. «Бесподвесочный», между прочим, в кавычки взято неслучайно, поскольку упругие элементы в ходовой части все же есть. Пружины спрятаны в вертикальных стойках мостов, а перемещение вала обеспечивается за счет шлицевого соединения. Самое главное эксплуатационное достоинство тракторных мостов в их высочайшей надежности. Если с первого дня используется соответствующее трансмиссионное масло (фрикционная блокировка требует специальной смазки), то ходовая часть будет жить вечно. Даже при сильном износе и запредельной «раззазоренности» зубчатых пар поломка переднего моста трактора Беларусь – случай из ряда вон выходящий» [5].

«Управлять Кержаком людям со слабым вестибулярным аппаратом противопоказано. Сев за руль, чувствуешь себя водителем Газели, установленной на железнодорожную платформу: обзор вперед – как со смотровой вышки, а внизу – пропасть. Рулевое колесо вращается словно вентиль большого водопроводного крана, с непривычным автомобилисту чередованием люфтов и прикусываний, причем после каждого поворота руль приходится принудительно возвращать в первоначальное положение – эффект стабилизации управляемых отсутствует.

Причиной служит, конструктивные особенности рулевого управления. Его функции выполняет гидростатический привод, аналогичный тому, который применяется в системах рулевого управления дорожно-строительной

техники и складских погрузчиков. Непосредственной кинематической связи в нем нет: усилие, необходимое для поворота управляемых колес, развивается с помощью специальной жидкости, потоки которой распределяются насосом-дозатором – отсюда специфические ощущения и характерные «залипания» руля. Еще один неприятный момент – резонансная раскачка кузова на скорости 25-30 км/ч, которая является следствием «бесподвесочной» схемы шасси. Бороться с ней съездом на другое покрытие или переходом на другую передачу бесполезно: на ровной дороге нужно просто увеличить скорость, а на бездорожье – наоборот, сбросить ход» [2].

«Динамические характеристики Кержак не впечатляют, однако вполне соответствуют его назначению. «Разбивка» передаточного ряда удачна: «верхний» ряд трансмиссии используется исключительно в транспортных режимах, «нижний» – для езды в тяжелых дорожных условиях и там, где требуется осторожное маневрирование.

При диагональном вывешивании здорово выручают межколесные блокировки, которые в тракторных мостах работают эффективно.

Характерное щелканье механизма сопровождается ощутимыми толчками вперед, и, если заблокирован «центр», внедорожник будет пытаться ползти вперед даже в том случае, когда реализовать крутящий момент способно только одно колесо» [3].

«При сходе на воду машина не вводит пассажиров в состояние паники: встав наплав, вездеход быстро выравнивается, успокаивая ярко выраженной положительной плавучестью (рисунок 6). Достигается она за счет водоизмещающего объема колес-пневматиков и дополнительных герметичных понтонов, которыми опоясана рама. Плышет Кержак за счет вращения колес, но, по субъективным ощущениям, значительно медленнее заявленных 5 км/ч (скорость пешехода). Чтобы гарантированно выбраться на берег, нужно обязательно заблокировать межосевой дифференциал и, как только передние колеса зацепятся за дно, аккуратно работать газом: недостаток тяги не позволит колесам вытянуть тяжелую машину из воды, а

избыток приведет к срыву скользкого грунта. Если потренироваться, то вылезать из болота можно даже на довольно высокую возвышенность» [4].



Рисунок 6 – Вездеход «Кержак» на воде

«В своем нынешнем исполнении нижегородский вездеход не вписывается в концепцию транспортного средства на шинах сверхнизкого давления – машина слишком тяжела. В базовой версии снегоболотоход Кержак стоит около 1 млн. рублей – для специальной внедорожной машины цена не запредельная. Кержак – это работяга, и его удел – монотонно «шлифовать» зимники и раскисшую глину в качестве многофункционального внедорожного шасси, на котором может быть установлено любое технологическое оборудование, начиная с простой бортовой платформы и заканчивая небольшой ремонтной мастерской.

При грузоподъемности в тонну такая машина сгодится на роль «разгонного» грузовичка там, где не может проехать ульяновская «буханка», а эксплуатация тяжелой гусеничной техники экономически невыгодна. И таких мест в нашей стране много» [29].

Выводы по разделу:

В качестве базового автомобиля для использования технических решений для модернизации УАЗ СГР предлагается использовать вездеход ТРЭКОЛ-39041 из-за следующих его конструктивных особенностей:

- прочная рамная конструкция, обеспечивающая высокую надежность и долговечность автомобиля;
- надежная подвеска с пружинами и амортизаторами, обеспечивающая хорошую проходимость в сложных условиях.
- мощный дизельный двигатель, обеспечивающий высокий крутящий момент и отличную тягу;
- низкий центр тяжести, обеспечивающий хорошую устойчивость на пересеченной местности;
- возможность установки различного оборудования и вооружения, что делает автомобиль универсальным для различных задач.

Исходя из вышперечисленных особенностей, автомобиль ТРЭКОЛ-39041 является перспективным для модернизации и улучшения его характеристик.

Анализ и дальнейшая работа с этим вездеходом позволит создать более совершенный и эффективный автомобиль для различных задач и условий эксплуатации.

## 2 Тягово-динамический расчёт автомобиля

Тягово-динамический расчет – это методология расчета параметров движения транспортного средства, учитывающая влияние тяговых усилий, сил сопротивления и других динамических факторов на его движение.

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

### 2.1 Тяговая характеристика

«Для определения кривых  $P_K = f(v)$  определяем скорость движения и касательную силу тяги на ведущих колёсах при соответствующей частоте вращения коленчатого вала двигателя на каждой передаче.

Тяговую силу на ведущих колёсах определяют по формуле:

$$P_K = \frac{M_e \cdot (1 - \beta) \cdot i_K \cdot i_o'' \cdot i_o \cdot \eta}{r}, \quad (1)$$

где  $M_e$  – крутящий момент двигателя, Н·м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных механизмов двигателя, равен 0,1 [4];

$i_K, i_o'', i_o$  – передаточные числа соответственно коробки передач, раздаточной коробки, главной передачи;

$\eta$  – КПД трансмиссии, равен 0,85 [4];

$r$  – радиус качения колеса, равен 0,6 м» [4].

«Скорость автомобиля определяют по формуле:

$$v = 0,38 \cdot \frac{r \cdot n}{i_k \cdot i_d^H \cdot i_o}. \quad (2)$$

Чтобы учесть возможность буксования ведущих колёс, нужно определить силу сцепления по формуле:

$$P_k^{сц} = \varphi \cdot G_a, \quad (3)$$

где  $G_a$  – полный вес автомобиля, 29088,9 Н» [4].

$$P_k^{сц} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 29088,9 = 8727 \text{ Н}.$$

«На график тяговой характеристики наносят кривые сопротивления воздушной среды и сопротивления движению, определяемые по формулам:

$$P_w = \frac{k \cdot F \cdot v^2}{13}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления воздуха, равен  $0,35 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$F$  – лобовая площадь автомобиля, равна  $5,5 \text{ м}^2$ ;

$v$  – скорость автомобиля, км/ч» [3].

«Свободная сила тяги и динамический фактор на каждой передаче, определяется по следующим формулам:

$$P_a = P_k - P_w. \quad (5)$$

$$D = \frac{P_a}{G_a} \gg [4]. \quad (6)$$

Решаем выражения и подставляем данные, которые берутся из таблицы 1 в формулы 1-6.

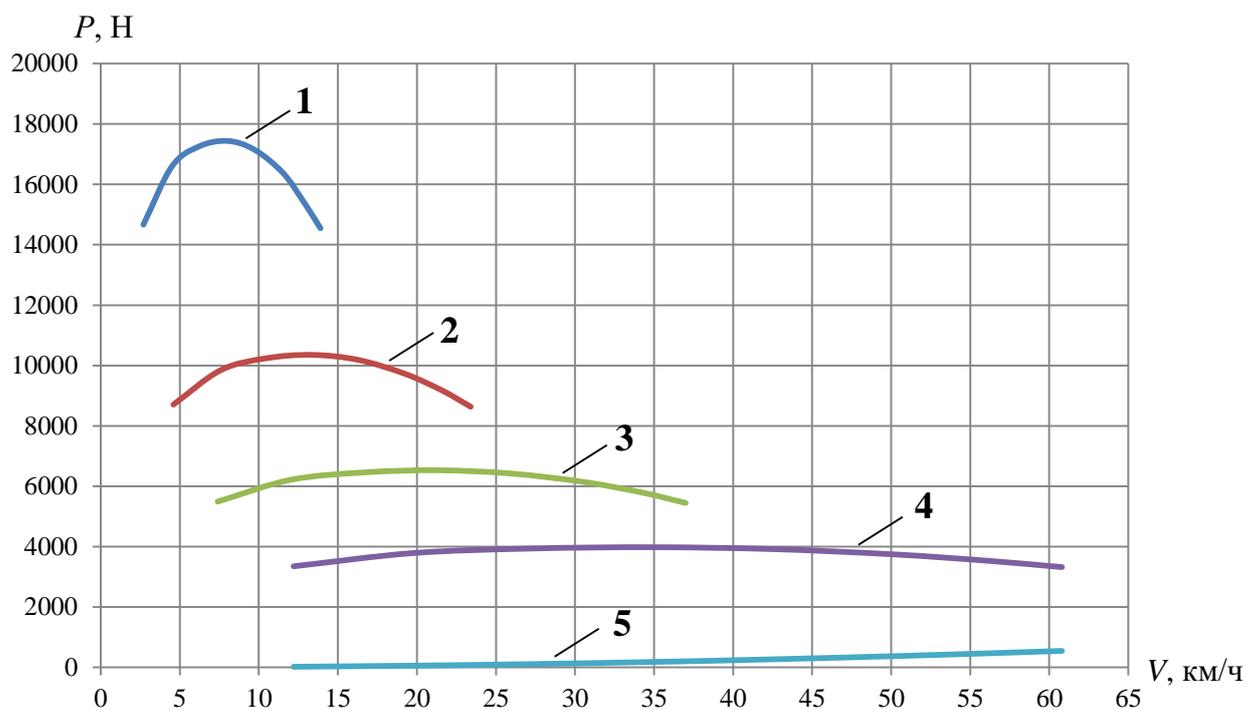
Результаты вычислений заносим в таблицы 2 и 3, по данным которых строим тяговую характеристику автомобиля, рисунок 7.

Таблица 1 – Расчётные данные для построения тяговой и динамической характеристики при включенной в раздаточной коробке высшей передаче

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>		800	1300	1800	2300	2800	3300	3700	4000
Крутящий момент двигателя, Н·м		181,5	205,3	213,5	215,8	212,3	202,9	191,2	180
Первая передача	Скорость, км/ч	2,7	4,5	6,2	8	9,7	11,5	12,8	13,9
	Тяговая сила, Н	14667	16590	17253	17439	17156	16396	15451	14546
	Соппротивление воздушной среды, Н	1	3	6	10	14	20	24	29
	Свободная сила тяги, Н	14666	16587	17247	17429	17142	16376	15427	14517
	Динамический фактор	0,50	0,57	0,59	0,60	0,59	0,56	0,53	0,49
Вторая передача	Скорость, км/ч	4,6	7,6	10,5	13,4	16,3	19,2	21,6	23,4
	Тяговая сила, Н	8706	9848	10242	10352	10184	9733	9172	8634
	Соппротивление воздушной среды, Н	3	9	16	27	39	55	69	81
	Свободная сила тяги, Н	8703	9839	10226	10325	10145	9678	9103	8553
	Динамический фактор	0,3	0,34	0,35	0,35	0,35	0,33	0,31	0,29
Третья передача	Скорость, км/ч	7,4	12	16,7	21,3	25,9	30,6	34,3	37
	Тяговая сила, Н	5492	6212	6460	6530	6424	6139	5785	5446
	Соппротивление воздушной среды, Н	8	21	41	67	99	139	174	203
	Свободная сила тяги, Н	5484	6191	6419	6463	6325	6000	5611	5243
	Динамический фактор	0,19	0,21	0,22	0,22	0,22	0,21	0,19	0,18
Четвертая передача	Скорость, км/ч	12,2	19,8	27,4	35	42,6	50,2	56,2	60,8
	Тяговая сила, Н	3349	3788	3939	3981	3917	3743	3528	3321
	Соппротивление воздушной среды, Н	22	58	111	181	269	373	468	547
	Свободная сила тяги, Н	3327	3730	3828	3800	3648	3370	3060	2774
	Динамический фактор	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,1

Таблица 2 – Расчётные данные для построения тяговой и динамической характеристики при включенной в раздаточной коробке низшей передаче

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>		800	1300	1800	2300	2800	3300	3700	4000
Крутящий момент двигателя, Н·м		181,5	205,3	213,5	215,8	212,3	202,9	191,2	180
Первая передача	Скорость, км/ч	1,4	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	6,9
	Тяговая сила, Н	29334	33181	34506	34878	34312	32793	30902	29092
	Сопротивление воздушной среды, Н	0	1	1	2	4	5	6	7
	Свободная сила тяги, Н	29334	33180	34505	34876	34308	32788	30896	29085
	Динамический фактор	1,0	1,1	1,19	1,2	1,18	1,13	1,1	1,0
Вторая передача	Скорость, км/ч	2,3	3,8	5,3	6,7	8,2	9,6	10,8	11,6
	Тяговая сила, Н	17413	19697	20483	20704	20368	19466	18344	17269
	Сопротивление воздушной среды, Н	1	2	4	7	10	14	17	20
	Свободная сила тяги, Н	17412	19695	20479	20697	20358	19452	18327	17249
	Динамический фактор	0,60	0,67	0,70	0,71	0,70	0,67	0,63	0,59
Третья передача	Скорость, км/ч	3,7	6	8,3	10,7	13	15,4	17,2	18,6
	Тяговая сила, Н	10939	12373	12868	13006	12795	12229	11524	10849
	Сопротивление воздушной среды, Н	2	5	10	17	25	35	43	51
	Свободная сила тяги, Н	10937	12368	12858	12989	12770	12194	11481	10798
	Динамический фактор	0,37	0,43	0,44	0,45	0,44	0,42	0,40	0,37
Четвертая передача	Скорость, км/ч	6,1	9,9	13,7	17,5	21,3	25,1	28,1	30,4
	Тяговая сила, Н	6697	7576	7878	7963	7834	7487	7055	6642
	Сопротивление воздушной среды, Н	6	15	28	45	67	93	117	137
	Свободная сила тяги, Н	6691	7561	7850	7918	7767	7394	6938	6505
	Динамический фактор	0,23	0,26	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22



1 – сила тяги на первой передаче; 2 – сила тяги на второй передаче;  
 3 – сила тяги на третьей передаче; 4 – сила тяги на четвёртой передаче;  
 5 – сопротивление воздушной среды

Рисунок 7 – Тяговая характеристика автомобиля при включенной в раздаточной коробке высшей передаче

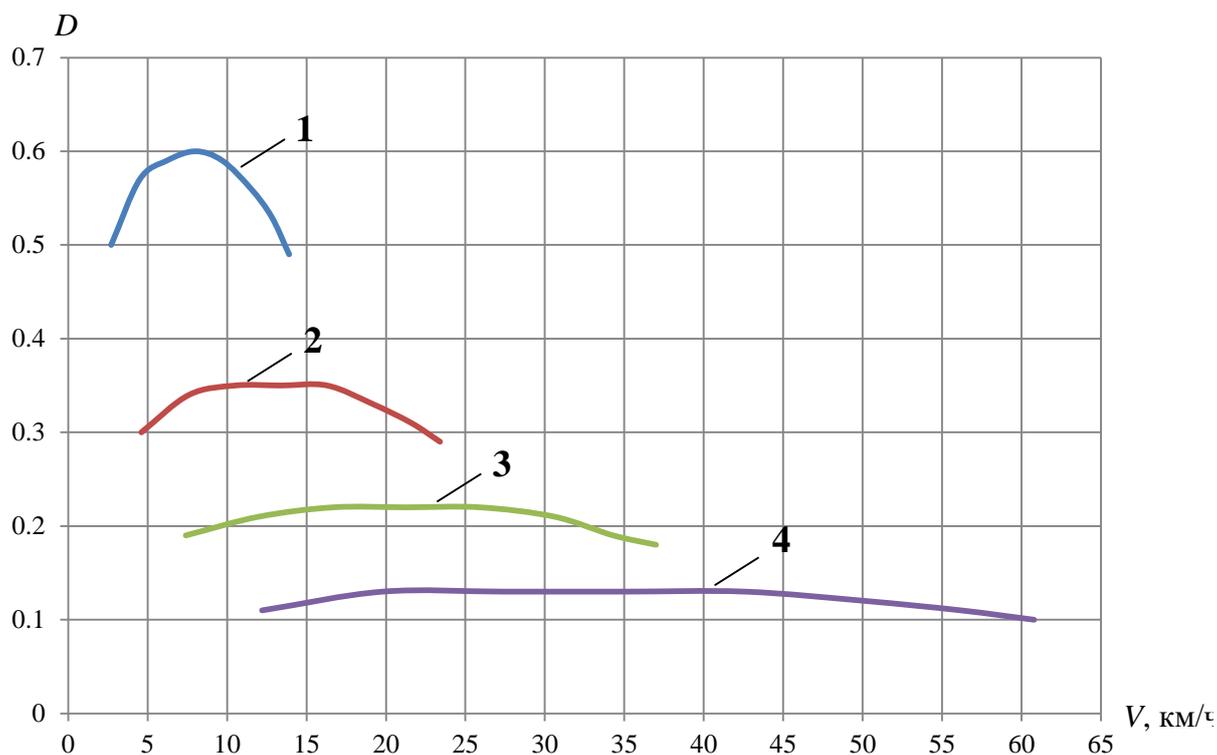
## 2.2 Динамическая характеристика

«Динамическая характеристика используется для сравнительной оценки тяговых качеств автомобиля, выражающая зависимость динамического фактора на различных передачах от скорости движения  $D=f(v)$ .

Динамический фактор характеризует удельную свободную силу тяги, которую может развить автомобиль на различных передачах» [11].

Данные для расчёта свободной силы тяги и динамического фактора берутся из таблиц 1 и 2.

По полученным данным строим динамическую характеристику автомобиля, рисунок 8 и 9.

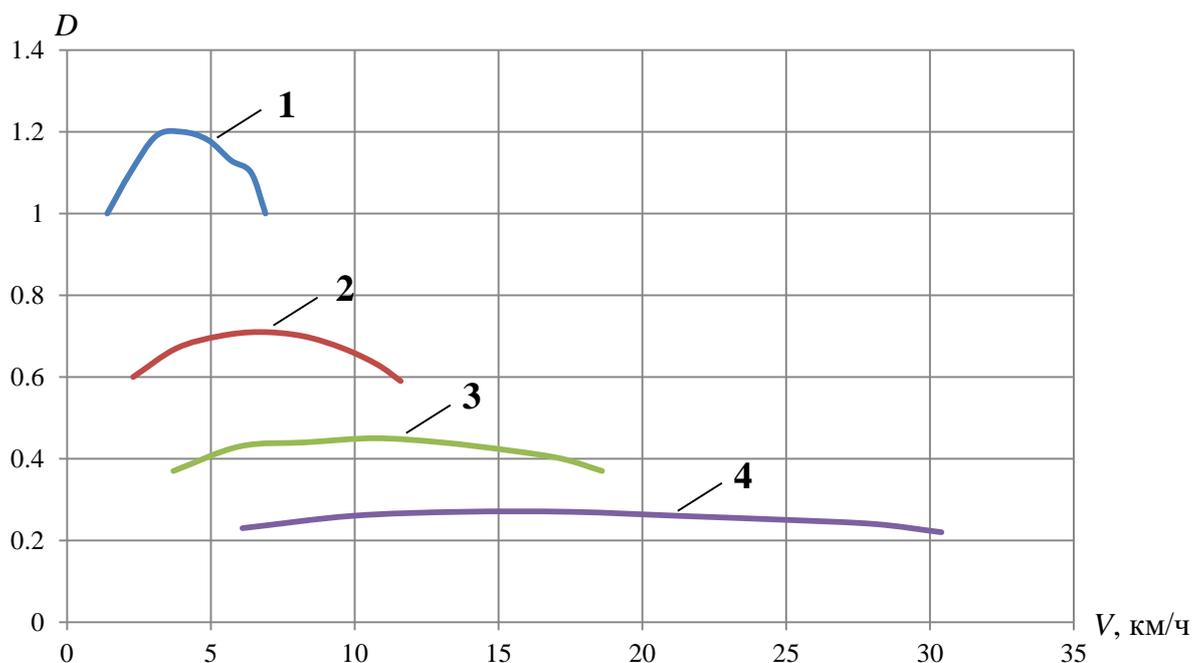


1 – динамический фактор на первой передаче; 2 – динамический фактор на второй передаче; 3 – динамический фактор на третьей передаче; 4 – динамический фактор на четвёртой передаче

Рисунок 8 – Динамическая характеристика автомобиля при включенной в раздаточной коробке высшей передаче

«По динамической характеристике можно судить о тягово-скоростных свойствах автомобиля. При этом максимальный динамический фактор 0,60 на высшей передаче определяет диапазон дорожных сопротивлений преодолеваемых без перехода на низшие передачи. Критическая скорость движения равная 8 км/ч, которая соответствует максимальному динамическому фактору, определяет диапазон устойчивого движения автомобиля на высшей передаче при работе двигателя с полной мощностью.

Максимальный динамический фактор на низшей передаче, определяет максимальное дорожное сопротивление, преодолеваемое автомобилем» [10].



1 – динамический фактор на первой передаче; 2 – динамический фактор на второй передаче; 3 – динамический фактор на третьей передаче; 4 – динамический фактор на четвертой передаче

Рисунок 9 – Динамическая характеристика автомобиля при включенной в раздаточной коробке нижней передаче

По своим тягово-скоростным свойствам автомобиль может эксплуатироваться на дорогах всех категорий, в том числе на бездорожье.

### 2.3 Ускорение при разгоне автомобиля

«Ускорение автомобиля в процессе его разгона определяют по формуле:

$$j = (D - \psi) \cdot \frac{g}{\delta}, \quad (7)$$

где  $D$  – динамический фактор;

$\psi$  – коэффициент дорожного сопротивления, равен 0,03;

$g$  – ускорение свободного падения, равно 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс, определяется по формуле (28).

$$\delta = 1,04 + 0,04 \cdot i_k^2, \quad (8)$$

где  $i_k$  – передаточное число на соответствующей передаче» [28].

$$\delta = 1,04 + 0,04 \cdot 4,38^2 = 1,81.$$

Данные коэффициента заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Данные коэффициента, учитывающего влияние вращающихся масс

Наименование параметра	Передача			
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая
Передаточное число	4,38	2,6	1,64	1
Коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс	1,81	1,31	1,15	1,08

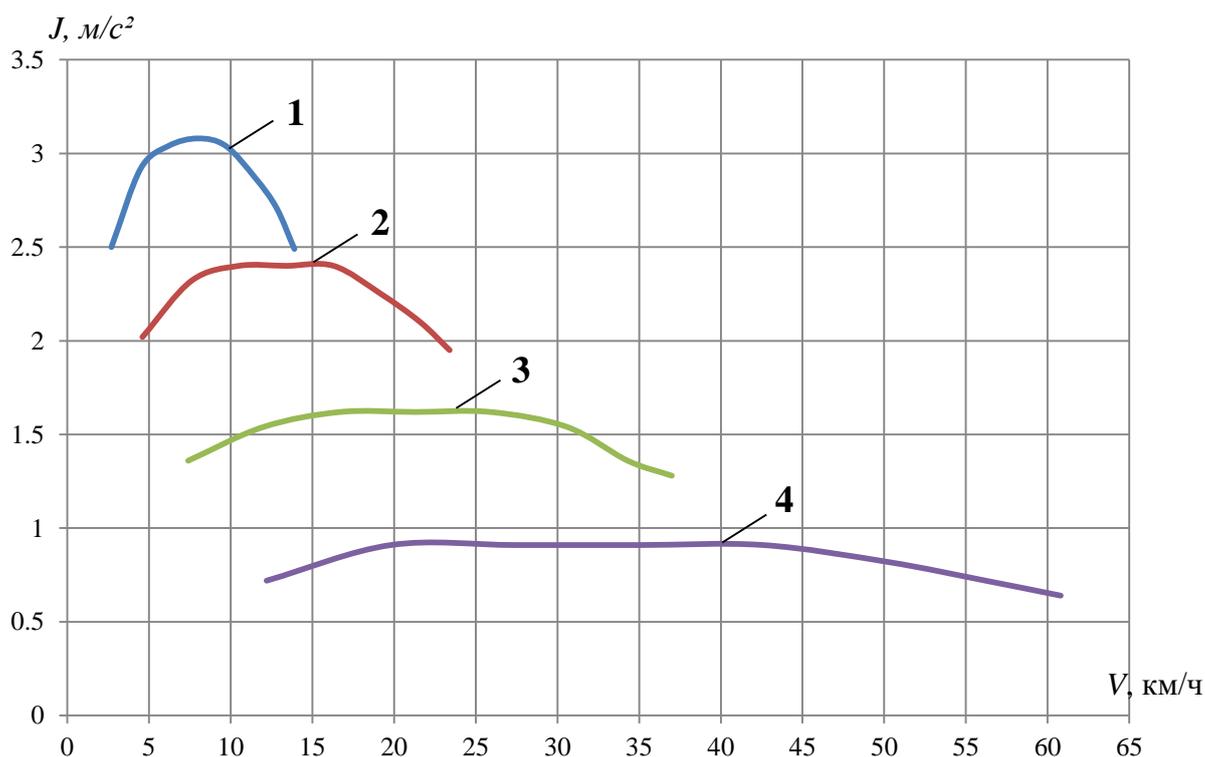
Данные расчётов ускорения автомобиля в процессе разгона заносим в таблицы 4 и 5, и строим графики ускорения при разгоне (рисунки 10, 11).

Таблица 4 – Данные для построения графика ускорения при разгоне автомобиля при включенной высшей передаче в раздаточной коробке

Номер передачи	Параметр	Единица измерения	Значения							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Первая	Скорость движения	км/ч	2,7	4,5	6,2	8	9,7	11,5	12,8	13,9
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	2,5	2,92	3,04	3,08	3,04	2,87	2,71	2,49
Вторая	Скорость движения	км/ч	4,6	7,6	10,5	13,4	16,3	19,2	21,6	23,4
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	2,02	2,32	2,40	2,40	2,40	2,25	2,10	1,95
Третья	Скорость движения	км/ч	7,4	12	16,7	21,3	25,9	30,6	34,3	37
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	1,36	1,54	1,62	1,62	1,62	1,54	1,36	1,28
Четвертая	Скорость движения	км/ч	12,2	19,8	27,4	35	42,6	50,2	56,2	60,8
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	0,72	0,91	0,91	0,91	0,91	0,82	0,72	0,64

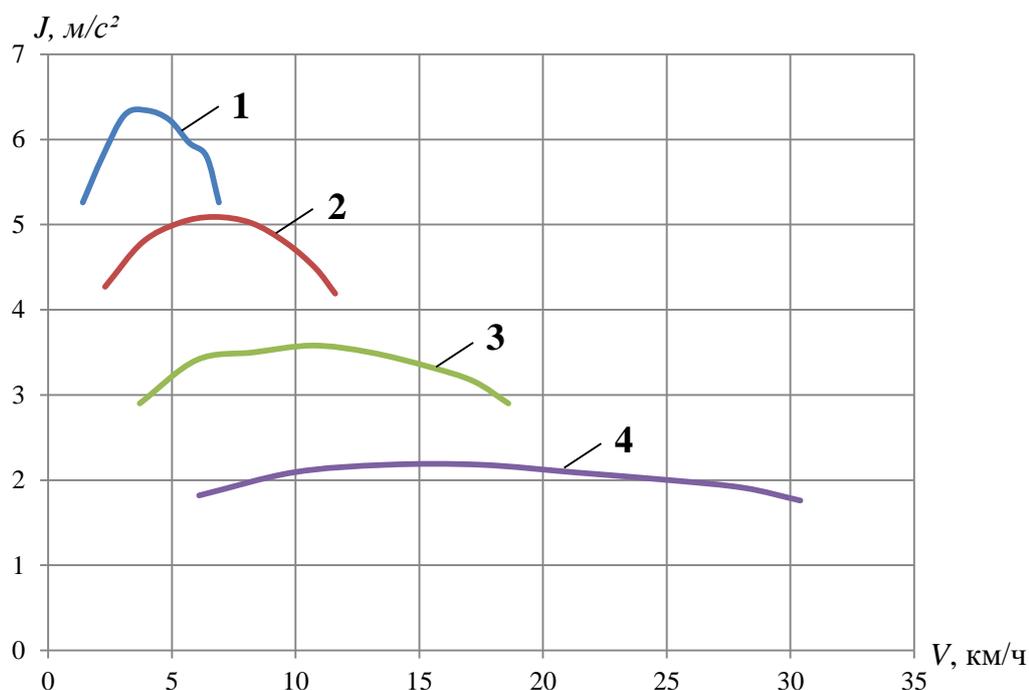
Таблица 5 – Данные для построения графика ускорения при разгоне автомобиля при включенной низшей передаче в раздаточной коробке

Номер передачи	Параметр	Единица измерения	Значения							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Первая	Скорость движения	км/ч	1,4	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	6,9
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	5,26	5,80	6,29	6,34	6,23	5,96	5,80	5,26
Вторая	Скорость движения	км/ч	2,3	3,8	5,3	6,7	8,2	9,6	10,8	11,6
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	4,27	4,79	5,02	5,09	5,02	4,79	4,49	4,19
Третья	Скорость движения	км/ч	3,7	6	8,3	10,7	13	15,4	17,2	18,6
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	2,90	3,41	3,50	3,58	3,50	3,33	3,16	2,90
Четвертая	Скорость движения	км/ч	6,1	9,9	13,7	17,5	21,3	25,1	28,1	30,4
	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	1,82	2,09	2,18	2,18	2,09	2,0	1,91	1,76



1 – ускорение на первой передаче; 2 – ускорение на второй передаче; 3 – ускорение на третьей передаче; 4 – ускорение на четвертой передаче

Рисунок 10 – Ускорение при разгоне автомобиля при включенной в раздаточной коробке высшей передаче



1 – ускорение на первой передаче; 2 – ускорение на второй передаче; 3 – ускорение на третьей передаче; 4 – ускорение на четвертой передаче

Рисунок 11 – Ускорение при разгоне автомобиля при включенной в раздаточной коробке низшей передаче

Из графика ускорения при разгоне автомобиля при включенной в раздаточной коробке низшей передаче можно сделать вывод, что автомобиль разгоняется быстрее, чем при использовании более высоких передач.

## 2.4 Определение времени и пути разгона автомобиля

«Время и путь разгона автомобиля определяют графоаналитическим способом. С этой целью кривую ускорений разбивают на ряд интервалов и считают, что в каждом интервале скоростей автомобиль разгоняется с постоянным ускорением, определяют по формуле:

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (j_1 + j_2), \quad (9)$$

где  $j_1$ ,  $j_2$  – ускорения соответственно в начале и конце интервала скоростей,  $\text{м/с}^2$  » [9].

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (2,5 + 2,92) = 2,71 \text{ м/с}^2.$$

«Время разгона в том же интервале скоростей определяют по формуле:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{3,6 \cdot j_{cp}} \text{ » [8].} \quad (10)$$

$$\Delta t = \frac{1,8}{3,6 \cdot 2,71} = 0,18 \text{ с.}$$

«Общее время разгона от минимальной (устойчивой) до максимальной скорости определяется по формуле:

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n, \quad (11)$$

где  $\Delta t$  – время разгона на соответствующем интервале, с;

$t_n$  – время переключения передач, принимаем 1,5 с» [11].

«При расчёте пути разгона приближенно считают, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль движется равномерно со средней скоростью:

$$v_{cp} = 0,5 \cdot (v_1 + v_2) \text{ » [11],} \quad (12)$$

$$v_{cp} = 0,5 \cdot (2,7 + 4,5) = 3,6 \text{ км/ч.}$$

«При этом допущении путь разгона в интервале скоростей определяется по формуле:

$$\Delta S = \frac{v_{cp} \cdot \Delta t}{3,6} \text{ » [11].} \quad (13)$$

$$\Delta S = \frac{3,6 \cdot 0,18}{3,6} = 0,18 \text{ с.}$$

«Общий путь разгона определяется по формуле:

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \dots + \Delta S_n, \quad (14)$$

где  $\Delta S$  – путь разгона на соответствующем интервале, м;

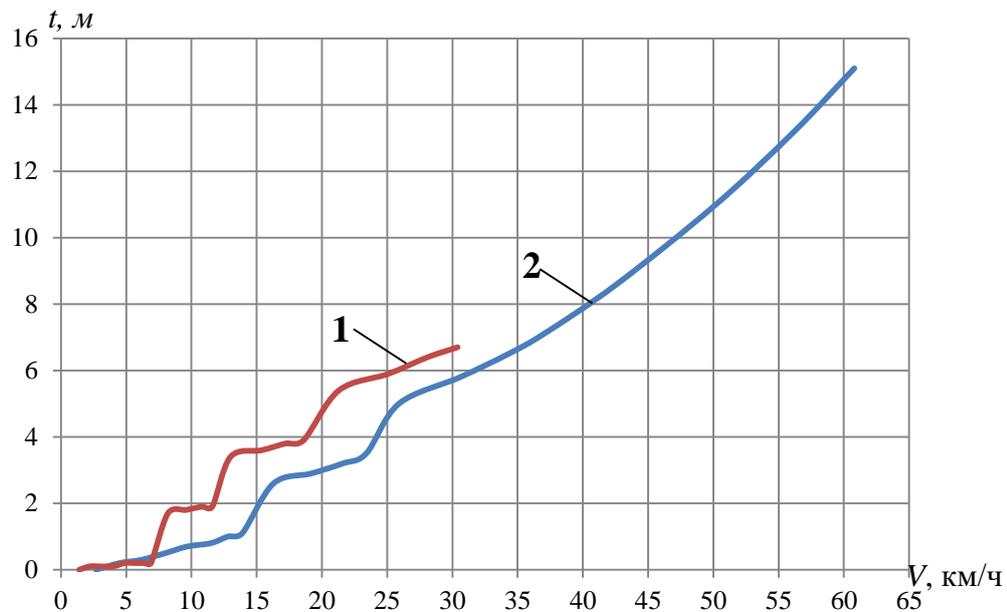
$S_n$  – путь, пройденный автомобилем за время переключения передач, м.

$$S_n = (v_n - 17 \cdot t_n \cdot \psi) \cdot \frac{t_n}{3,6}, \quad (15)$$

где  $v_n$  – скорость в момент начала переключения передач, км/ч;

$\psi$  – коэффициент дорожного сопротивления, равен 0,03» [11].

Результаты расчётов сводим в таблицы 6 и 7, и строим график времени и пути разгона автомобиля (рисунок 12, 13).



- 1- разгон при включении в раздаточной коробке понижающей передачи;  
2- разгон при включении в раздаточной коробке прямой передачи

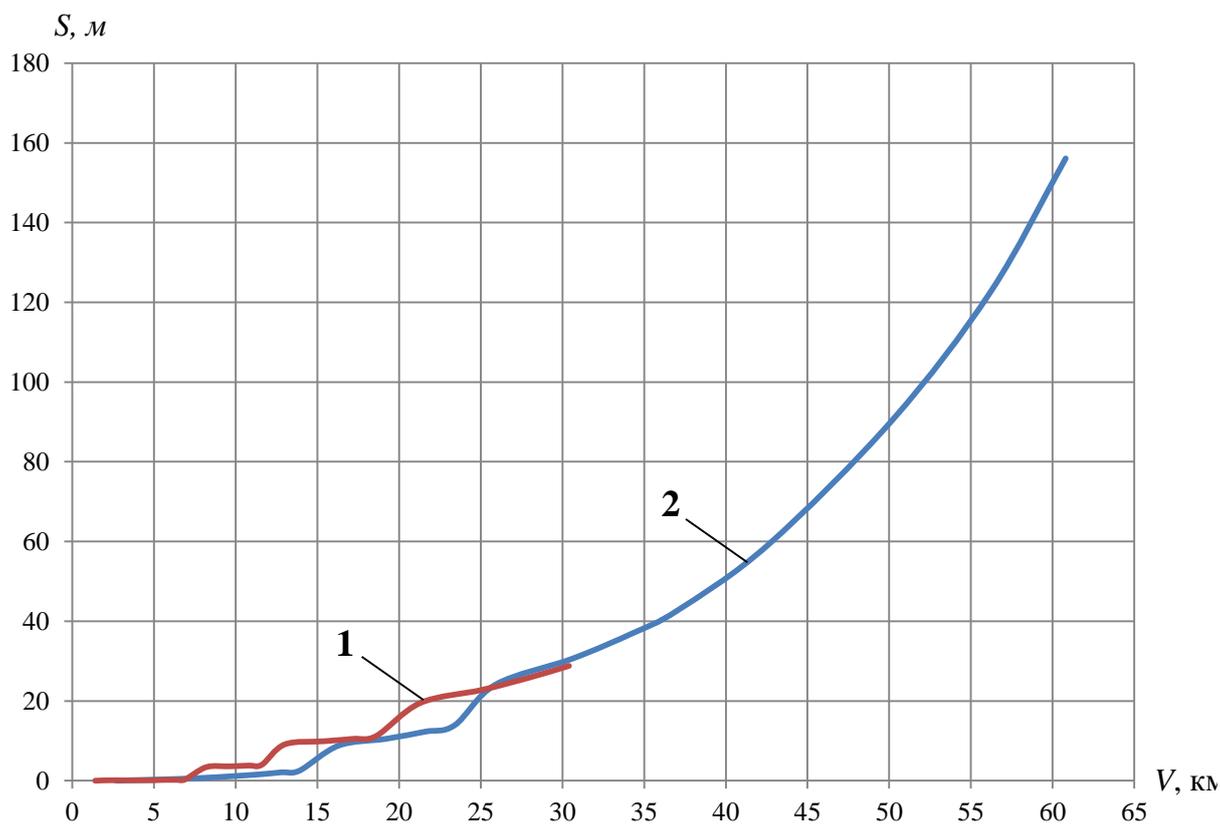
Рисунок 12 – Время разгона автомобиля

Таблица 6 – Время и путь разгона при включении в раздаточной коробке прямой передачи

$v_n$ , км/ч	2,7	4,5	6,2	8,0	9,7	11,5	12,8	13,9	16,3	19,2	21,6	23,4	25,9	30,6	34,3	37	42,6	50,2	56,2	60,8
$D$	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,11	0,1
$\dot{j}$ , м/с	2,5	2,9	3,0	3,1	3,0	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	0,9	0,8	0,7	0,6
$\dot{j}_{cp}$ , м/с	-	2,7	3,0	3,1	3,1	3,0	2,8	2,6	-	2,3	2,2	2,0	-	1,6	1,5	1,3	-	0,9	0,8	0,7
$\Delta v$ , км/ч	-	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	1,3	1,1	-	2,9	2,4	1,8	-	4,7	3,7	2,7	-	7,6	6	4,6
$\Delta t$ , с	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	1,5	0,4	0,3	0,3	1,5	0,8	0,7	0,6	1,5	2,4	2,2	1,9
$t$ , с	-	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	2,6	2,9	3,2	3,5	5,0	5,8	6,5	7,1	8,6	11,0	13,2	15,1
$v_{cp}$ , км/ч	-	3,6	5,4	7,1	8,9	10,6	12,2	13,4	15,1	17,8	20,4	22,5	24,7	28,3	32,5	35,7	39,8	46,4	53,2	58,5
$\Delta S$ , м	-	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	6,3	1,7	1,8	1,6	10,2	6,5	6,4	5,6	16,6	31,3	32,1	33,6
$S$ , м	-	0,2	0,4	0,7	1,1	1,6	2,1	2,5	8,8	10,5	12,3	13,9	24,1	30,6	37,0	42,6	59,2	90,5	122,6	156,1

Таблица 7 – Время и путь разгона при включении в раздаточной коробке понижающей передачи

$v_n$ , км/ч	1,4	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	6,9	8,2	9,6	10,8	11,6	13,0	15,4	17,2	18,6	21,3	25,1	28,1	30,4
$D$	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
$\dot{j}$ , м/с	5,3	5,8	6,3	6,3	6,2	6,0	5,8	5,3	5,0	4,8	4,5	4,2	3,5	3,3	3,2	2,9	2,1	2,0	1,9	1,8
$\dot{j}_{cp}$ , м/с	-	5,5	6,1	6,3	6,3	6,1	5,9	5,5	-	4,9	4,6	4,3	-	3,4	3,3	3,0	-	2,1	2,0	1,8
$\Delta v$ , км/ч	-	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,5	-	1,4	1,2	0,8	-	2,4	1,8	1,4	-	3,8	3,0	2,3
$\Delta t$ , с	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	0,1	0,1	0,1	1,5	0,2	0,2	0,1	1,5	0,5	0,4	0,4
$t$ , с	-	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	1,7	1,8	1,9	1,9	3,4	3,6	3,8	3,9	5,4	5,9	6,4	6,7
$v_{cp}$ , км/ч	-	1,8	2,7	3,6	4,5	5,3	6,1	6,7	7,6	8,9	10,2	11,2	12,3	14,2	16,3	17,9	20,0	23,2	26,6	29,3
$\Delta S$ , м	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,2	0,2	0,2	0,2	5,1	0,8	0,7	0,7	8,3	3,3	3,2	2,8
$S$ , м	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	3,4	3,6	3,8	4,0	9,1	9,9	10,5	11,2	19,5	22,8	26,0	28,8



1 – разгон при включении в раздаточной коробке понижающей передачи;  
 2 – разгон при включении в раздаточной коробке прямой передачи

Рисунок 13 – Путь разгона автомобиля

Выводы по разделу.

Выполнен тягово-динамический расчёт УАЗ СГР на шинах сверхнизкого давления.

Тягово-динамический расчет УАЗ СГР на шинах сверхнизкого давления является важным этапом проектирования и эксплуатации техники.

Тягово-динамический расчет проводится как для разработки новых моделей транспортных средств, так и для оптимизации работы уже существующих. Он позволяет учесть все факторы, влияющие на движение транспортного средства, и провести анализ его эффективности и производительности.

Правильный тягово-динамический расчет помогает повысить эффективность работы автомобиля, уменьшить износ деталей и повысить безопасность эксплуатации.

### **3 Конструкторская часть**

Конструкторская разработка – это процесс создания нового продукта или устройства, начиная с идеи и заканчивая готовым прототипом. В этот процесс включены проектирование, тестирование, моделирование, анализ, выбор материалов и компонентов, а также создание документации и спецификаций. Конструкторская разработка может быть применена в различных отраслях, таких как машиностроение, электроника, медицина, авиация и другие. Она требует тщательного планирования, согласования требований с заказчиком, постановки задач и контроля за выполнением работ. Важными этапами конструкторской разработки являются: исследование и анализ рынка, определение потребностей пользователей, создание концепции продукта, проектирование, создание прототипа, тестирование и внесение корректировок. Конструкторская разработка является ключевым этапом в процессе создания новых продуктов и играет важную роль в инновационном развитии компаний.

#### **3.1 Разработка кинематической схемы автомобиля**

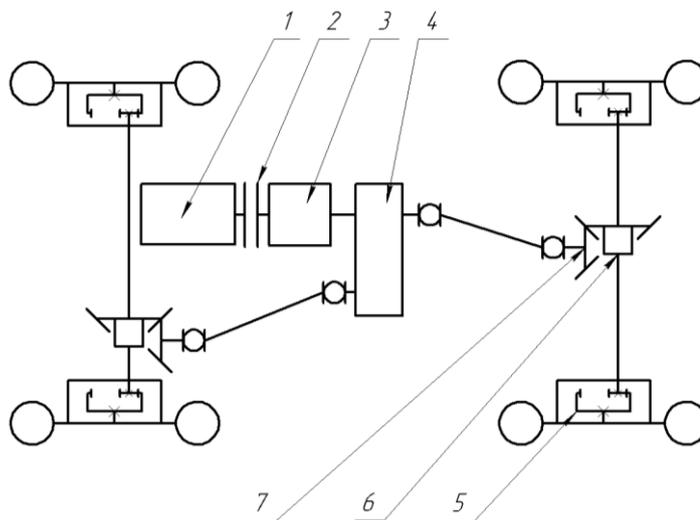
«Представителями внедорожников в России являются автомобили УАЗ-31512 и ВАЗ-21213. Машины имеют механическую трансмиссию, которая получила наибольшее распространение благодаря простоте конструкции, невысокой стоимости, высокому КПД и надёжности. Однако этот тип трансмиссий сложно компоновать на вездеходах и обеспечивает лишь ступенчатое регулирование крутящего момента. Главное различие в трансмиссиях представленных автомобилей – это тип переднего привода, УАЗ имеет подключаемый привод, а ВАЗ – постоянный. Постоянный привод позволяет улучшить управляемость в плохих дорожных условиях, однако требует наличия блокируемого межосевого дифференциала, имеет повышенную шумность, увеличивается расход топлива. При заблокированном

приводе передний мост подключается только в плохих дорожных условиях, что позволяет обойтись без дифференциала, уменьшить износ механизмов и уменьшить расход топлива» [6].

### 3.2 Выбор основных механизмов трансмиссии

«Для проектируемого автомобиля выберем полноприводную механическую трансмиссию. Привод к мостам блокированный, так как при установке пневматиков у автомобиля значительно повышается проходимость, что позволяет обойтись без постоянного привода. Узлы и агрегаты используем от серийного автомобиля УАЗ. Для повышения проходимости вездехода главную передачу оснастим червячным дифференциалом повышенного трения типа «Торсен». Механизм был разработан компанией «SVR Conversions» специально для автомобилей УАЗ» [4].

«Кинематическая схема проектируемого автомобиля представлена на рисунке 14.



1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – сцепление; 3 – коробка передач; 4 – раздаточная коробка; 5 – бортовая передача; 6 – дифференциал; 7 – главная передача

Рисунок 14 – Принципиальная схема трансмиссии полноприводного автомобиля с колесной формулой 4×4» [4]

### 3.3 Определение весовых параметров и подбор шин

«Собственный вес автомобиля определяют по коэффициенту использования веса автомобиля-прототипа.

$$n'_G = \frac{G'_r}{G'_o}, \quad (16)$$

где  $G'_r$  – номинальная грузоподъемность автомобиля-прототипа, 10000 Н [1];

$G'_o$  – собственный вес автомобиля-прототипа, 15000 Н» [1].

$$n'_G = \frac{10000}{15000} = 0,66.$$

Автомобиль прототип УАЗ 3962. Принимаем на проектируемый автомобиль грузоподъемность 10200 Н.

«Собственный вес автомобиля определяется по формуле:

$$G_o = \frac{G_r}{\eta'_G}, \quad (17)$$

где  $G_r$  – грузоподъемность проектируемого автомобиля, 10000 Н» [1].

$$G_o = \frac{10000}{0,66} = 15000 \text{ Н}.$$

«Вес багажа при 5 пассажирах определяется по формуле:

$$G_o = G_r - 750 \cdot n \quad [4], \quad (18)$$

$$G_o = 10000 - 750 \cdot 5 = 6250 \text{ Н}.$$

«Полный вес автомобиля определяется по формуле:

$$G_a = G_o + G_r \gg [4], \quad (19)$$

$$G_a = 15000 + 10000 = 25000 \text{ Н.}$$

«Шины для автомобиля – разработка ассоциации «Арктиктранс» для тяжёлых снегоболотоходов, шина размером 1310×490×535, которая имеет большее пятно контакта и развитые грунтозацепы и стоимость в сборе с диском на 30-35% ниже в сравнении с колёсами ТРЭКОЛа» [26].

### 3.4 Определение передаточных чисел главной передачи

«Передаточное число главной передачи определяют исходя из максимальной скорости автомобиля по формуле:

$$i_o = 0,38 \cdot \frac{r \cdot n_N}{i_K i_o^g v_{\max}}, \quad (20)$$

где  $r$  – радиус качения колеса, принимаем 0,6 м;

$n_N$  – частота вращения коленчатого вала, принимаем 4000 мин<sup>-1</sup>;

$i_K$  – передаточное число прямой передачи коробки передач, принимаем 1 [1];

$i_o^g$  – передаточное число раздаточной коробки на высшей передаче, принимаем 1 [1];

$v_{\max}$  – максимальная скорость автомобиля, принимаем 60 км/ч» [26].

$$i_o = 0,38 \cdot \frac{0,6 \cdot 4000}{1 \cdot 1 \cdot 16,6} = 15.$$

Принимаем передаточное число главной передачи – 15.

### 3.5 Определение передаточных чисел коробки передач

«Передаточное число первой передачи коробки передач определяют по заданному максимальному дорожному сопротивлению:

$$i_{K1} \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r}{M_{e\max} \cdot (1 - \beta) \cdot \eta \cdot i_K \cdot i_o^e}, \quad (21)$$

где  $G_a$  – полный вес автомобиля, 25000 Н;

$\psi_{\max}$  – максимальный коэффициент дорожного сопротивления, принимаем 0,35 [3];

$M_{e\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя, 216 Н·м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных механизмов двигателя, принимаем 0,1 [4];

$\eta$  – КПД трансмиссии, принимаем 0,85 [4];

$i_K$  – передаточное число КПП на высшей передаче, принимаем 1 [1];

$i_o^e$  – передаточное число РК на высшей передаче, принимаем 1» [26].

$$i_{K1} \geq \frac{25000 \cdot 0,35 \cdot 0,6}{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 1} = 2,5.$$

«Во избежание буксования ведущих колёс должно быть соблюдено также условие:

$$i_{K1} \geq \frac{m_2 \cdot G_2 \cdot \phi \cdot r}{M_{e\max} \cdot (1 - \beta) \cdot \eta \cdot i_K \cdot i_o^e}, \quad (22)$$

где  $m_2$  – коэффициент перераспределения нагрузки;

$G_2$  – вес автомобиля, приходящийся на ведущие колёса, для полноприводных автомобилей;

$\phi$  – коэффициент сцепления, 0,6» [3].

$$i_{K1} \geq \frac{29088,9 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 1} = 4,38.$$

«Для определения числа ступеней аналитическим методом используют выражение:

$$P = \frac{\lg\left(\frac{v_{\max}}{v_{\min}}\right)}{\lg\left(\frac{n_N}{n_e}\right)}, \quad (23)$$

Где  $v_{\max}$ ,  $v_{\min}$  – максимальная и минимальная скорости автомобиля;

$n_N$ ,  $n_e$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>» [26].

$$P = \frac{\lg\left(\frac{60}{5}\right)}{\lg\left(\frac{4000}{2250}\right)} = 4,3.$$

«При определении передаточных чисел коробки передач исходят из того, что на всех передачах двигатель используется в одном и том же интервале изменения частоты вращения.

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{i_{Ki}}{i_{Ki+1}} \gg [26]. \quad (24)$$

«Для четырёхступенчатой коробки передач промежуточные ступени находятся по формуле:

$$i_{K4} = 1, \quad (25)$$

$$i_{K3} = \sqrt[3]{i_{K1}}, \quad (26)$$

$$i_{K2} = \sqrt[3]{i_{K1}^2} \gg [4]. \quad (27)$$

Согласно условиям, найденным в формулах 15 и 16, принимаем 4,38, тогда:

$$i_{K4} = 1,$$

$$i_{K3} = \sqrt[3]{4,38} = 1,64,$$

$$i_{K2} = \sqrt[3]{4,38^2} = 2,6.$$

«Найденные значения передаточных чисел корректируют, уменьшая интервал между высшими передачами за счёт увеличения интервала между низшими. При этом обеспечивается лучшее использование мощности двигателя при движении автомобиля на наиболее часто используемых высших передачах, а также улучшаются условия работы синхронизаторов.

Передаточное число заднего хода принимаем из условия:

$$i_{3.X.} = 1,25 \cdot i_{K1} \gg [9], \quad (28)$$

$$i_{3.X.} = 1,25 \cdot 4,38 = 5,47.$$

### 3.6 Определение передаточных чисел раздаточной коробки

«Передаточное число понижающей передачи раздаточной коробки, определяют из условия отсутствия буксования ведущих колёс по формуле:

$$i_{\delta}^H = \frac{i_{\delta}^6 \cdot (1 + P)}{2} \gg [26], \quad (29)$$

$$i_o'' = \frac{1 \cdot (1 + 4)}{2} = 2,5.$$

Принимаем передаточное число понижающей передачи раздаточной коробки равное 2.

«Найденное значение, следует проверить по величине устойчивой минимальной скорости, которая должна быть равна в диапазоне от 3 до 5 км/ч.

$$v_{\min} = 0,38 \cdot \frac{n_M \cdot r}{i_{K1} \cdot i_o \cdot i_o''} \gg [9], \quad (30)$$

$$v_{\min} = 0,38 \cdot \frac{2250 \cdot 0,6}{4,38 \cdot 2 \cdot 15} = 3,9 \text{ км/ч}.$$

«Передаточное число трансмиссии на различных передачах определяют по формуле:

$$i = i_{KT} \cdot i_o \cdot i_o'' \gg [8], \quad (31)$$

$$i = 4,38 \cdot 1 \cdot 15 = 65,7.$$

Данные заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Передаточное число трансмиссии на различных передачах

Передаточное число трансмиссии	Передача				
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Задний ход
на высшей передаче	65,7	39	24,6	15	82,05
на низшей передаче	131,4	78	49,2	30	164,1

Из таблицы следует, что выбор оптимальной передачи зависит от конкретных условий движения и требований к автомобилю, таким как скорость, уклон дороги, нагрузка на автомобиль и т.д.

### 3.7 Расчёт цилиндрической передачи колёсного редуктора

«Расчёт крутящего момента. Крутящий момент на ведущем валу вычисляется по формуле:

$$M_{p1}^o = M_{e_{\max}} \cdot (1 - \beta) \cdot u_k \cdot \eta_z \cdot \eta_n \cdot \eta_{kn}, \quad (32)$$

где  $M_{e_{\max}}$  – максимальный крутящий момент двигателя 216 Н·м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий относительные затраты крутящего момента на привод вспомогательных агрегатов, принимаем 0,1 [4];

$u_k$  – передаточное число до рассчитываемого узла, при включении в раздаточной коробке прямой передачи равняется 26,28, при включении в раздаточной коробке понижающей передачи и переднего моста 52,56;

$\eta_z$  – КПД зубчатой передачи, равняется 0,97;

$\eta_n$  – КПД пары подшипников, равняется 0,99;

$\eta_{kn}$  – карданной передачи, равняется 0,98» [3];

«По сцеплению определяется по формуле:

$$M_p^\varphi = \frac{G_{cy} \cdot \varphi_{\max} \cdot r_K}{u_0}, \quad (33)$$

где  $G_{cy}$  – сцепной вес вездехода, равняется 8727 Н;

$u_0$  – передаточное число бортовой передачи 2,5;

$\varphi_{\max}$  – максимальный коэффициент сцепления с дорогой, принимаем 0,8 [3];

$r_K$  – радиус колеса, равен 0,6 м» [3].

$$M_{p1}^o = \frac{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 26,28 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,98}{2} = 2208 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{p2}^{\sigma} = \frac{216 \cdot (1 - 0,1) \cdot 52,56 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,98}{2} = 4415 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_p^{\varphi} = \frac{8727 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{2,5} = 1676 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Подбор материала для основных деталей.

«Шестерни изготавливаются из материала 20ХГНМТА, подвергнуты цементации на глубину 1,2...1,5 мм до твердости поверхности зубьев HRC 57...64, и сердцевины зубьев HRC 32...45.

Материал для валов выбираем Сталь 45Х с термической обработкой – закалка в масле и отпуск, твердость по Бринеллю HB 320...340, предел прочности которой 950 МПа, а предел текучести 700 МПа.

Характеристика материала: 20ХГНМТА: 20% углерода, 1,5% хрома, 1,5% марганца, 1,5% никеля, 1,5% молибдена, 1,5% титана, А – высококачественная сталь» [10].

Расчет допускаемых напряжений в цилиндрической зубчатой передаче.

«Допускаемое контактное напряжение вычисляется по формуле:

$$[\sigma_n] = \frac{\sigma_{nlimb}}{S_n} \cdot K_{HL}, \quad (34)$$

где  $\sigma_{nlimb}$  – предел контактной выносливости поверхности зубьев, определяется по формуле (35);

$S_n$  – коэффициент безопасности, принимаем 1,1;

$K_{HL}$  – коэффициент долговечности, принимается в диапазоне от 1 до 2,6, принимаем 1,4» [18].

$$\sigma_{nlimb} = 2 \cdot HB + 70, \quad (35)$$

$$\sigma_{nlimb} = 2 \cdot 350 + 70 = 770 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_n] = \frac{770}{1,1} \cdot 1,4 = 980 \text{ МПа}.$$

«Допускаемое напряжение на изгиб зубьев вычисляется по формуле:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \text{ limb}}}{S_f} \cdot K_{HL} \cdot K_{FC}, \quad (36)$$

где  $\sigma_{F \text{ limb}}$  – предел выносливости зубьев на изгиб, определяется по формуле (37).

$S_f$  – коэффициент безопасности, принимаем 1,1;

$K_{HL}$  – коэффициент долговечности, принимаем 1,4;

$K_{FC}$  – коэффициент, учитывающий влияние двустороннего приложения нагрузки, принимаем 1» [14];

$$\sigma_{F \text{ limb}} = 1,8 \cdot HB, \quad (37)$$

$$\sigma_{F \text{ limb}} = 1,8 \cdot 350 = 630 \text{ МПа} .$$

$$[\sigma_F] = \frac{630}{1,1} \cdot 1,4 \cdot 1 = 802 \text{ МПа} .$$

«Допускаемое максимальное контактное напряжение при перегрузке зубьев, вычисляется по формуле:

$$[\sigma_H^{\text{max}}] = 2,8 \cdot \sigma_m, \quad (38)$$

где  $\sigma_m$  – предел текучести материала зубьев при растяжении, принимаем 700 МПа» [20].

$$[\sigma_H^{\text{max}}] = 2,8 \cdot 700 = 1960 \text{ МПа} .$$

«Допускаемое максимальное напряжение на изгиб зубьев при перегрузке вычисляется по формуле:

$$[\sigma_F^{\text{max}}] = 0,8 \cdot \sigma_m \gg [18], \quad (39)$$

$$[\sigma_F^{\max}] = 0,8 \cdot 700 = 560 \text{ МПа},$$

«Межосевое расстояние из условия контактной прочности зубьев вычисляется по формуле:

$$a_w = 495 \cdot (U_k + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_1}{\psi_{\sigma a} \cdot U_k \cdot [\sigma_H]^2}} \cdot K_{H\beta}, \quad (40)$$

где  $\psi_{\sigma a}$  – коэффициент ширины венца, принимаем 0,45;

$K_{H\beta}$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки, принимаем равным 1,4» [14].

$$a_w = 495 \cdot (2,5 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1676}{0,45 \cdot 2,5 \cdot 980^2}} \cdot 1,4 = 165 \text{ мм}.$$

«Нормальный модуль вычисляется по формуле:

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w \text{» [14],} \quad (41)$$

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot 165 = 2 \dots 4 \text{ мм}.$$

Принимаем нормальный модуль из стандартного ряда равным 3.

«Суммарное число зубьев вычисляется по формуле:

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m_n}, \quad (42)$$

где  $\beta$  – угол наклона зубьев, принимаем равным  $0^\circ$ » [14].

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 165 \cdot \cos 0^\circ}{3} = 110.$$

«Число зубьев шестерни и колеса определяется по формуле:

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u_0 + 1} \gg [4], \quad (43)$$

$$Z_1 = \frac{110}{2,5 + 1} = 31,4.$$

Принимаем 32 зуба.

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1, \quad (44)$$

$$Z_2 = 110 - 32 = 78.$$

«Фактическое передаточное число передачи

$$u_\phi = \frac{Z_2}{Z_1} \gg [14], \quad (45)$$

$$u_\phi = \frac{78}{32} = 2,45.$$

Определение геометрических размеров шестерни и колеса.

«Делительный диаметр шестерни вычисляется по формуле:

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos\beta} \cdot Z_1 \gg [14], \quad (46)$$

$$d_1 = \frac{3}{1} \cdot 32 = 96 \text{ мм}.$$

«Делительный диаметр колеса вычисляется по формуле:

$$d_2 = \frac{m_n}{\cos\beta} \cdot Z_2 \gg [14], \quad (47)$$

$$d_2 = \frac{3}{1} \cdot 78 = 234 \text{ мм}.$$

«Диаметр вершин зубьев шестерни вычисляется по формуле:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m_n \gg [14], \quad (48)$$

$$d_{a1} = 96 + 2 \cdot 3 = 102 \text{ мм}.$$

«Диаметр вершин зубьев колеса вычисляется по формуле:

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n \gg [14], \quad (49)$$

$$d_{a2} = 234 + 2 \cdot 3 = 240 \text{ мм}.$$

«Диаметр впадин зубьев шестерни вычисляется по формуле:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n \gg [14], \quad (50)$$

$$d_{f1} = 96 - 2,5 \cdot 3 = 88,5 \text{ мм}.$$

«Диаметр впадин зубьев колеса вычисляется по формуле:

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m_n \gg [14], \quad (51)$$

$$d_{f2} = 234 - 2,5 \cdot 3 = 226,5 \text{ мм}.$$

«Ширина венца колеса вычисляется по формуле:

$$b_2 = \frac{\psi_{sa} \cdot a_w}{2}, \quad (52)$$

где  $\psi_{ea}$  – коэффициент ширины венца, принимаем 0,45» [14];

$$b_2 = \frac{0,45 \cdot 165}{2} = 61 \text{ мм.}$$

«Ширина венца шестерни вычисляется по формуле:

$$b_1 = b_2 + 4 \text{ » [14],} \quad (53)$$

$$b_1 = 60 + 4 = 65 \text{ мм.}$$

Определение сил действующих в зацеплении цилиндрической передачи.

«Окружная сила вычисляется по формуле:

$$F_{t1} = F_{t2} = F_t = \frac{2 \cdot M_1}{d_1} \text{ » [14],} \quad (54)$$

$$F_{t1} = F_{t2} = F_t = \frac{2 \cdot 1676}{0,096} = 34917 \text{ Н.}$$

Силы в зацеплении прямозубой передачи представлены на рисунке 15.

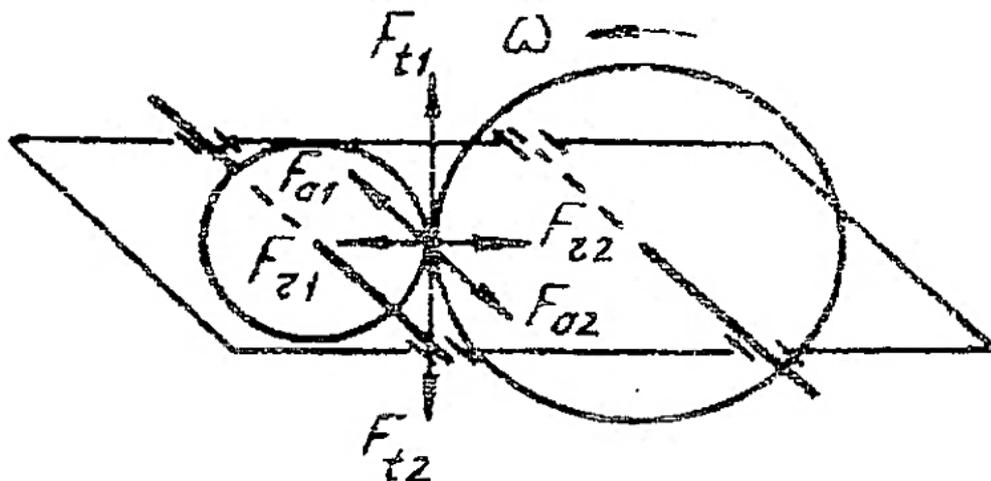


Рисунок 15 – Силы в зацеплении прямозубой передачи  
«Радиальная сила вычисляется по формуле:

$$F_{r1} = F_{r2} = F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}, \quad (55)$$

где  $\alpha$  – угол зацепления, принимаем  $20^\circ$  [14].

$$F_{r1} = F_{r2} = F_r = \frac{34917 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 11345 \text{ Н.}$$

«Осевая сила вычисляется по формуле:

$$F_{a1} = F_{a2} = F_a = 0 \text{ » [14].} \quad (56)$$

«Контактное напряжение зубьев вычисляется по формуле:

$$\sigma_H = 423 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot K_{H\alpha} \cdot (U_{p\beta\delta} + 1)}{b_2 \cdot d_1 \cdot U_{p\beta\delta}}} \leq [\sigma_H], \quad (57)$$

где  $K_{H\beta}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца, принимаем 1;

$K_{HV}$  – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, принимаем 1;

$K_{H\alpha}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями, принимаем 1,1;

$[\sigma_H]$  – допустимое контактное напряжение, 980 МПа» [14],

$$\sigma_H = 376 \cdot \sqrt[3]{\frac{34917 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot (2,5 + 1)}{61 \cdot 96 \cdot 2,5}} = 787 \text{ МПа.}$$

Контактное напряжение меньше допустимого контактного напряжения, следовательно, условие выполняется.

«Изгибная прочность зубьев, вычисляется по формуле:

$$\sigma_f = \frac{F_t \cdot K_{f\beta} \cdot K_{fv} \cdot y_f}{b_2 \cdot m_n} \leq [\sigma_f], \quad (58)$$

где  $K_{f\beta}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца, принимаем 1;

$K_{fv}$  – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, принимаем 1,2 ;

$y_f$  – коэффициент, учитывающий форму зуба, принимаем 1,3;

$[\sigma_f]$  – допускаемое напряжение на изгиб, принимаем 802 МПа» [14].

$$\sigma_f = \frac{34917 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3}{61 \cdot 3} = 298 \text{ МПа} .$$

Изгибная прочность зубьев меньше допускаемого напряжения на изгиб, следовательно, удовлетворяет условиям.

«Проверка зубчатых колес на перегрузку.

Максимальное контактное напряжение зубьев вычисляется по формуле:

$$\sigma_H^{\max} = \sigma_H \cdot \sqrt{K_{H\beta}} \leq [\sigma_H^{\max}], \quad (59)$$

где  $K_{H\beta}$  – коэффициент перегрузки, 2;

$[\sigma_H^{\max}]$  – допускаемое максимальное контактное напряжение при перегрузке зубьев, 1960 МПа» [14].

$$\sigma_H^{\max} = 787 \cdot \sqrt{2} = 1113 \text{ МПа} .$$

Условие выполняется.

«Максимальное напряжение на изгиб зубьев вычисляется по формуле:

$$\sigma_F^{\max} = \sigma_F \cdot \sqrt{K_{\text{изг}}}} \leq [\sigma_F^{\max}], \quad (60)$$

где  $[\sigma_F^{\max}]$  – допускаемое напряжение на изгиб зубьев при перегрузке, 560 МПа» [14].

$$\sigma_F^{\max} = 298 \cdot \sqrt{2} \leq 421 \text{ МПа} .$$

Условие выполняется.

### 3.8 Расчёт валов колёсного редуктора

«Расчёт допускаемых напряжений.

При расчете необходимо определить длину вала, плечи сил, действующих на вал. Основные размеры берем по прототипу» [4],

Схема редуктора с основными размерами представлена на рисунке 16.

«Допускаемое напряжение на изгиб определяется по формуле:

$$[\sigma_u] = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_\sigma}, \quad (61)$$

где  $\sigma_{-1}$  – предел выносливости, 950 МПа;

$[n]$  – коэффициент запаса прочности, 1,5...2,5;

$K_\sigma$  – коэффициент концентрации напряжений, 2,0...3,0» [19].

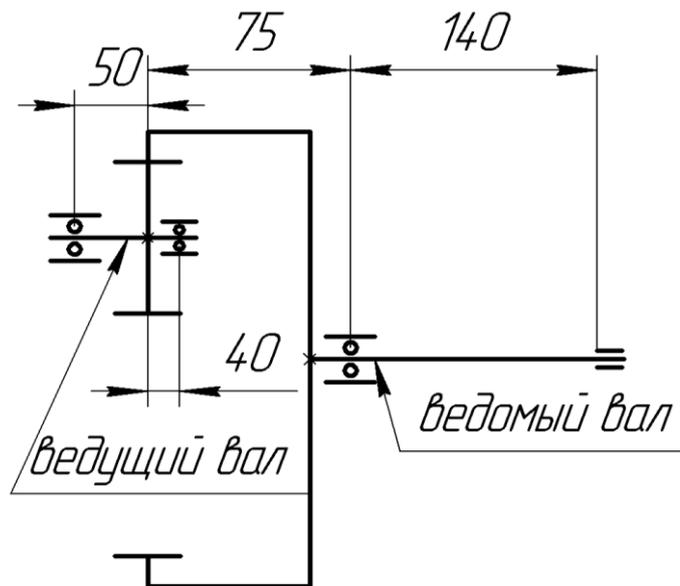


Рисунок 16 – Схема редуктора с основными размерами

$$[\sigma_u] = \frac{0,45 \cdot 950}{1,5 \cdot 2} = 143 \text{ МПа} .$$

«Допускаемое напряжение на кручение определяется по формуле:

$$[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma_u] \text{ » [14],} \quad (62)$$

$$[\tau] = 0,5 \cdot 143 = 71,5 \text{ МПа} .$$

Расчет первичного вала колёсного редуктора.

«Определяем реакции на опорах на вертикальной плоскости

$$\Sigma M_a = 0; \quad - F_{t1} \cdot 50 + F_b \cdot (40 + 50) = 0 \text{ » [14],}$$

$$F_b = \frac{F_{t1} \cdot 50}{40 + 50}, \quad (63)$$

$$F_b = \frac{34917 \cdot 50}{40 + 50} = 19398 \text{ Н} .$$

$$\Sigma M_b = 0; \quad - F_{t2} \cdot 40 + F_a \cdot (50 + 40) = 0 ,$$

$$F_b = \frac{F_{t1} \cdot 40}{50 + 40}, \quad (64)$$

$$F_b = \frac{34917 \cdot 40}{40 + 50} = 15519 \text{ Н.}$$

Проводим проверку:

$$F_a - F_{t1} + F_b = 15519 - 34917 + 19398 = 0.$$

«Определяем реакции на опорах на горизонтальной плоскости:

$$\Sigma M_a = 0; \quad -F_{r1} \cdot 50 + F_b \cdot (40 + 50) = 0 \text{ » [14],}$$

$$F_b = \frac{F_{r1} \cdot 50}{40 + 50}, \quad (65)$$

$$F_b = \frac{11345 \cdot 50}{40 + 50} = 6304 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_b = 0; \quad -F_{r2} \cdot 40 + F_a \cdot (50 + 40) = 0,$$

$$F_b = \frac{F_{r1} \cdot 40}{50 + 40}, \quad (66)$$

$$F_b = \frac{11348 \cdot 40}{40 + 50} = 5044 \text{ Н.}$$

Проводим проверку:

$$F_a - F_{r1} + F_b = 5044 - 11348 + 6304 = 0.$$

«Изгибающие моменты на вертикальной плоскости определяется по формуле:

$$M_{изг.} = F_a \cdot 0,05 \text{ » [14],} \quad (67)$$

$$M_{изг.} = 15519 \cdot 0,05 = 766 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Изгибающие моменты на горизонтальной плоскости также определяются по формуле (67):

$$M_{изг.} = 5044 \cdot 0,05 = 252 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

«Суммарные реакции на опорах определяются по формуле:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{(F^B)^2 + (F^T)^2} \gg [14], \quad (68)$$

$$F_{b\Sigma} = \sqrt{(19398)^2 + (6304)^2} = 20397 \text{ Н},$$

$$F_{b\Sigma} = \sqrt{(15519)^2 + (5044)^2} = 16318 \text{ Н}.$$

«Суммарные значения изгибающих моментов для выбранных сечений определяется по формуле:

$$M_{и\Sigma} = \sqrt{(M_{и}^B)^2 + (M_{и}^T)^2} \gg [11], \quad (69)$$

$$M_{и\Sigma} = \sqrt{(776)^2 + (252)^2} = 816 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эквивалентный момент определяется по формуле:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{(M_{и\Sigma})^2 + (M_1)^2}, \quad (70)$$

где  $M_1$  – крутящий момент, принимаем  $1676 \text{ Н} \cdot \text{м}$ » [11].

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{(816)^2 + (1676)^2} = 1764 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

«Диаметры валов для выбранных сечений определяются по формуле:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЭКВ}}}{0,1 \cdot [\sigma_H]}} \gg [11]. \quad (71)$$

Диаметр под шестерни равен:

$$d_{B1} = \sqrt[3]{\frac{1764 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 143}} = 49,78 \text{ мм}.$$

Под передним подшипником, так как на передней опоре  $M_{\text{ЭКВ}} = M_1$ , то

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{1676 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 143}} = 44,98 \text{ мм}.$$

Назначим диаметр под подшипники 50 мм и 45 мм.

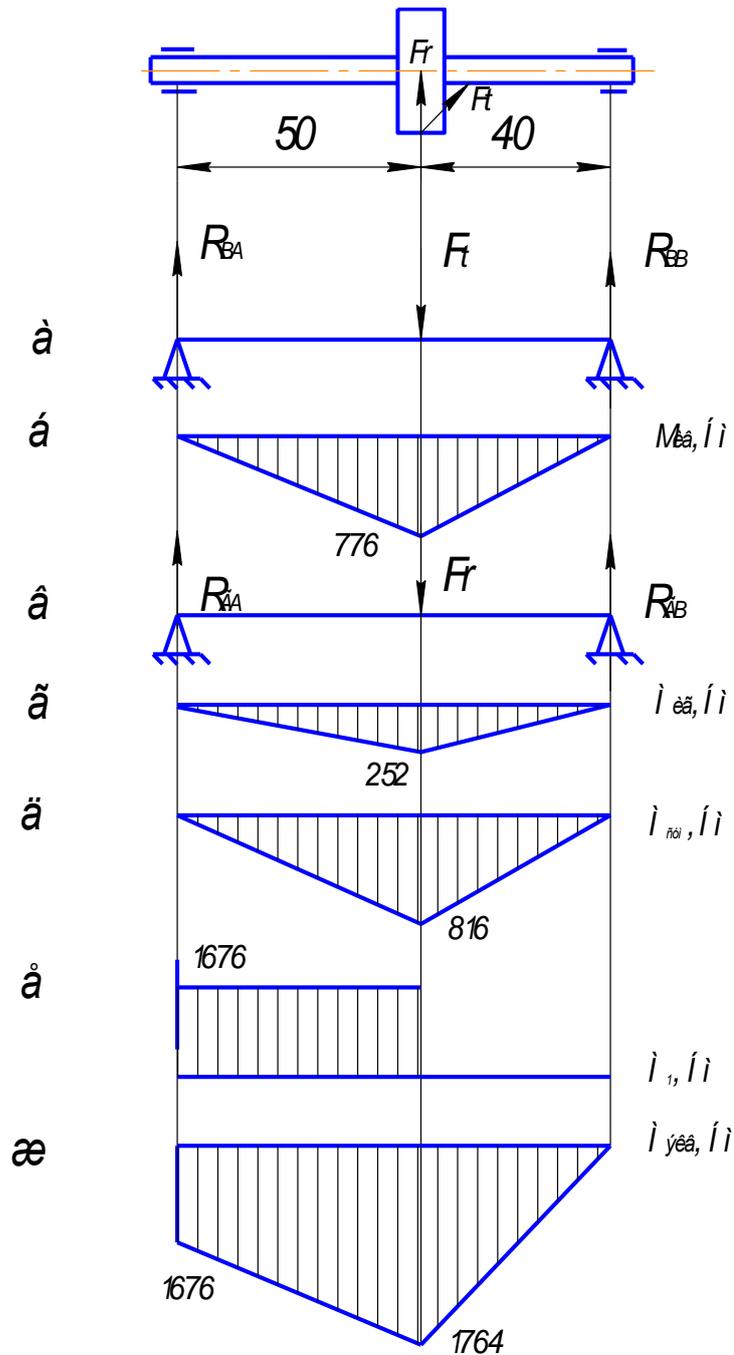
Расчётная схема вала приведена на рисунке 17.

Расчет ведомого вала колёсного редуктора.

Реакции на опорах на вертикальной плоскости определяются следующим образом:

$$\Sigma M_a = 0; \quad -F_{r1} \cdot 75 + F_b \cdot 215 = 0,$$

$$F_b = \frac{34917 \cdot 75}{215} = 12180 \text{ Н}.$$



«а – силы, действующие на вал в вертикальной плоскости; б – эпюра изгибающих моментов в вертикальной плоскости; в – силы, действующие на вал в горизонтальной плоскости; г – эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости; д – эпюра суммарного изгибающего момента; е – эпюра крутящего момента; ж – эпюра эквивалентного момента» [3]

Рисунок 17 – Расчётная схема ведущего вала

$$\Sigma M_b = 0; \quad -F_{r2} \cdot 140 - F_a \cdot 215 = 0,$$

$$F_a = \frac{34917 \cdot 140}{215} = 22737 \text{ Н.}$$

Проводим проверку:

$$F_a - F_{r1} + F_b = 22737 - 34917 + 12180 = 0.$$

«Реакции на опорах на горизонтальной плоскости определяются:

$$\Sigma M_a = 0; \quad -F_{r1} \cdot 75 + F_b \cdot 215 = 0,$$

$$F_b = \frac{11345 \cdot 75}{215} = 3958 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_b = 0; \quad -F_{r2} \cdot 140 - F_a \cdot 215 = 0,$$

$$F_a = \frac{11345 \cdot 140}{215} = 7387 \text{ Н.}$$

Проводим проверку:

$$-F_a + F_{r1} + F_b = -7387 + 11345 - 3958 = 0.$$

Изгибающие моменты на вертикальной плоскости определяются:

$$M_{изг.} = F_{r1} \cdot 0,075 = 34917 \cdot 0,075 = 2619 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Изгибающие моменты на горизонтальной плоскости определяются:

$$M_{изг.} = F_{r1} \cdot 0,075 = 11345 \cdot 0,075 = 851 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Суммарные реакции на опорах определяются:

$$F_{a\Sigma} = \sqrt{(22737)^2 + (7387)^2} = 23341 \text{ Н,}$$

$$F_{b\Sigma} = \sqrt{(12180)^2 + (3958)^2} = 12807 \text{ Н.}$$

Суммарное значение изгибающих моментов для выбранных сечений равно:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(2619)^2 + (851)^2} = 2754 \text{ Н} \cdot \text{м} \gg [12].$$

«Эквивалентный момент определяется по формуле:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(M_{\Sigma})^2 + (M_2)^2}, \quad (72)$$

где  $M_2$  – крутящий момент, принимаем  $4190 \text{ Н} \cdot \text{м} \gg [11]$ .

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(2754)^2 + (4190)^2} = 5014 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Диаметры валов для выбранных сечений равны:

$$d_{B1} = \sqrt[3]{\frac{5014 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 143}} = 70,05 \text{ мм}.$$

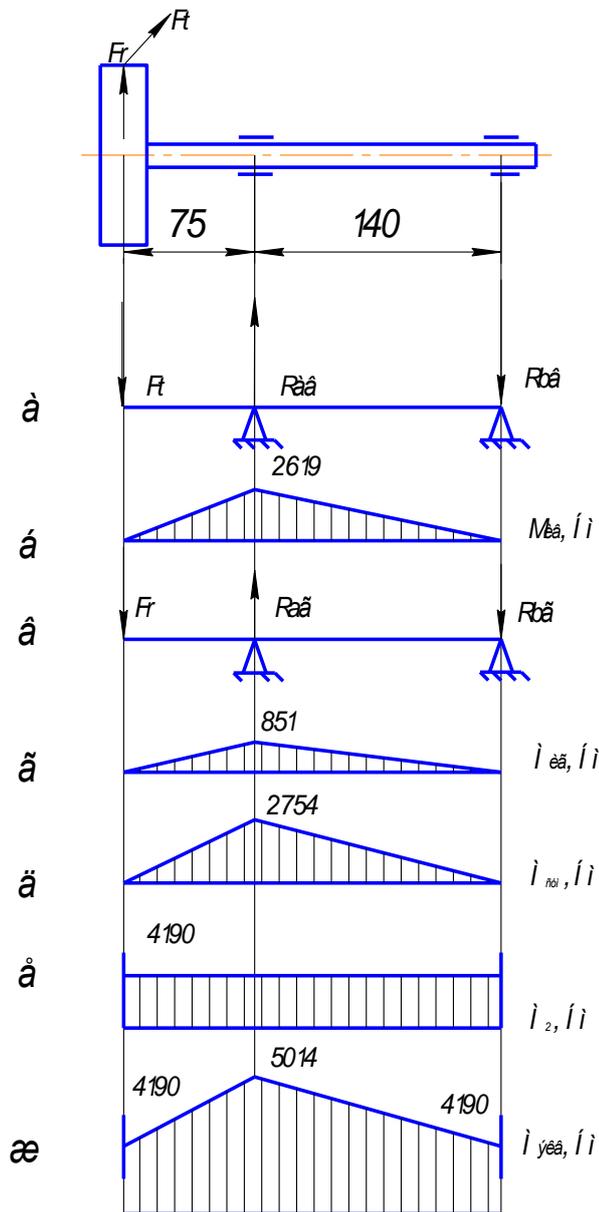
Назначим диаметр под подшипники  $70 \text{ мм}$ .

Расчётная схема вала представлена на рисунке 18.

Расчет шлицевого соединения ведущего вала по напряжению смятия.

Расчет шлицевого соединения ведущего вала по напряжению смятия необходим для определения возможности передачи момента силы между валом и втулкой через шлицы.

Этот расчет позволяет оценить прочность соединения и предотвратить его разрушение при работе в условиях повышенной нагрузки. Таким образом, проведение расчетов по напряжению смятия помогает обеспечить безопасную и надежную работу механизма.



«а – силы, действующие на вал в вертикальной плоскости; б – эпюра изгибающих моментов в вертикальной плоскости; в – силы, действующие на вал в горизонтальной плоскости; г – эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости; д – эпюра суммарного изгибающего момента; е – эпюра крутящего момента; ж – эпюра эквивалентного момента» [3]

Рисунок 18 – Расчётная схема ведомого вала

«Исходные данные для расчета:

- число зубьев, шт. .... 8;
- внутренний диаметр вала, мм ..... 46;
- наружный диаметр вала, мм ..... 50;
- ширина зуба, мм ..... 9;

– крутящий момент на валу, Н·м ..... 1676» [1].

«Площадь смятия определяется по формуле:

$$A_{см} = \left( \frac{D-d}{2} - 2 \cdot c \right) \cdot l, \quad (73)$$

где  $l$  – длина поверхности контактов шлицев, принимаем 70 мм;

$c$  – размер фаски, принимаем 0,4 мм» [14].

$$A_{см} = \left( \frac{50-46}{2} - 2 \cdot 0,4 \right) \cdot 70 = 84 \text{ мм}.$$

«Средний радиус шлицевого соединения вычисляется по формуле:

$$R_{cp} = 0,25 \cdot (D + d) \quad [1], \quad (74)$$

$$R_{cp} = 0,25 \cdot (50 + 46) = 24 \text{ мм}.$$

«Расчетное напряжение смятия зубьев вычисляется по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{M_1}{\psi \cdot Z \cdot A_{см} \cdot R_{cp}} \leq [\sigma_{см}], \quad (75)$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между шлицами, принимаем 0,75;

$[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение смятия зубьев, принимаем 140 МПа»

[14].

$$\sigma_{см} = \frac{1676 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 8 \cdot 84 \cdot 24} = 138,5 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

### 3.9 Подбор подшипников колёсного редуктора

«Определим частоту вращения первичного вала колёсного редуктора исходя из условия, что средняя скорость автомобиля по труднопроходимым дорогам, с использованием максимальной силы сцепления составляет 25 км/час, тогда:

$$\omega = \frac{V_{CP}}{r_x} \gg [11], \quad (76)$$

$$\omega = \frac{20}{0,6 \cdot 3,6} = 9,3 \text{ с}^{-1},$$

$$n_\epsilon = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (77)$$

$$n_\epsilon = \frac{30 \cdot 9,3}{3,14} = 89 \text{ об/мин.}$$

«Найдем частоту вращения первичного вала:

$$n = n_\epsilon \cdot i_0 \gg [11], \quad (78)$$

$$n = 89 \cdot 2,5 = 223 \text{ мин}^{-1}.$$

Подбираем типоразмер подшипника для ведущего вала.

Для передней опоры назначаем радиальный шариковый однорядный подшипник № 410 ГОСТ 8338-75 для передней опоры, для него из таблицы 3.13 [20]  $d=50$  мм;  $D=130$  мм;  $B=31$  мм;  $r=3,5$  мм;  $C=87100$  Н;  $C_0=52000$  Н.

«Определяем эквивалентную нагрузку по формуле:

$$P = V \cdot F_r \cdot K_\epsilon \cdot K_T, \quad (79)$$

где  $V$  – коэффициент вращения, при вращении внутреннего кольца, принимаем 1 [20];

$F_r$  – радиальная нагрузка, 15127 Н;

$K_o$  – коэффициент безопасности, учитывающий динамичности нагрузки на долговечность подшипника, 1,2;

$K_T$  – температурный коэффициент, учитывающий влияние температуры на долговечность подшипника, 1»[19].

$$P = 1 \cdot 15127 \cdot 1,2 \cdot 1 = 18152 \text{ Н.}$$

«Вычисляем долговечность выбранного подшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^P, \quad (80)$$

где  $n$  – частота вращения вала, 223 мин<sup>-1</sup>;

$P$  – показатель для сферических подшипников, 10/3» [20].

$$\omega = \frac{10^6}{60 \cdot 223} \cdot \left( \frac{87100}{18152} \right)^{10/3} = 13927 \text{ часов.}$$

Полученная долговечность выбранного подшипника соответствует рекомендуемым значениям (от 10000 до 36000 ч.).

Для задней опоры назначаем роликовый радиальный подшипник серии № 32309А ГОСТ 8328-75 для него из табл. 3.13 [20]  $d=45$  мм;  $D=85$  мм;  $B=23$  мм;  $r=2,5$  мм;  $C=99000$  Н;  $C_o=56000$  Н.

Вычисляем долговечность выбранного подшипника по формуле (81):

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 223} \cdot \left( \frac{99000}{18152} \right)^{10/3} = 21343 \text{ часов.}$$

Полученная долговечность выбранного подшипника почти соответствует рекомендуемым значениям (от 10000 до 36000 ч.).

Подбираем типоразмер подшипника ведомого вала. Для передней и задней опоры назначаем роликовый радиальный подшипник №2214 ГОСТ 8328-75 для него из таблицы 3.13 [19]  $d=70$  мм;  $D=125$  мм;  $B=24$ мм;  $r=2,0$  мм;  $C=79200$  Н,  $C_0=51000$  Н.

### 3.10 Расчет автомобиля на устойчивость

Расчет поперечной устойчивости.

«Комплексными показателями, являющимися для полноприводных автомобилей важнейшими характеристиками их конструктивного совершенства в части скоростных свойств и безопасности эксплуатации, является коэффициент статической поперечной устойчивости и производный от него угол бокового статического опрокидывания.

Массы и центры тяжести деталей и сборочных единиц оборудования приняты по рабочим чертежам» [13].

«В общем случае высота центра тяжести сборочной единицы, собранной из деталей, определяется по формуле:

$$H_{ум} = \frac{\sum h_i m_i}{\sum m_i}, \quad (82)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -ой детали, кг;

$h_i$  – высота центра тяжести  $i$ -ой детали, м» [14].

Для одной детали:

$$H_{ум} = \frac{1,1 \cdot 100}{100} = 1,1 \text{ м.}$$

Подстановка данных чертежа и расчет по формуле (85) дают результат 1,2 м.

«Неподдресоренная масса автомобиля включает массы всех трех мостов, массы колес и массы карданных валов приводов мостов, в сумме составляет 1100 кг» [1].

Данные для расчета массы и центра тяжести представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Данные для расчета массы и центра тяжести [24]

Наименование элементов полной массы	Обозначение на схеме	Масса, кг
«Шасси автомобиля	$M_1$	1100
Кузов автомобиля	$M_2$	500
Двигатель	$M_3$	100
Топливные баки	$M_4$	100
Ремонтное оборудование	$M_5$	650
Водитель + пассажиры	$M_6$	450
Полная масса автомобиля, в том числе поддресоренная масса неподдресоренная масса	$M$	2900
	$M_n$	1800
	$M_n$	1100» [13].

«Поддресоренная масса:

$$M_n = M - M_n \gg [11], \quad (83)$$

$$M_n = 2900 - 1100 = 1800 \text{ кг}.$$

«Коэффициент неподдресоренных масс:

$$\kappa_n = \frac{M_n}{M_n} \gg [11], \quad (84)$$

$$\kappa_n = \frac{1100}{1800} = 0,61.$$

Жесткость рессор у полноприводных автомобилей меньше в сравнении с неполноприводными, что может привести к ухудшению управляемости и устойчивости полноприводного автомобиля на дорогах с плохим покрытием и поворотами. Для улучшения поперечной устойчивости таких автомобилей можно использовать специальные системы управления подвеской и

антикреновые устройства. Также важно правильно подбирать давление в шинах и регулировать жесткость рессор для оптимального поведения на дороге.

Схема для проверки статической поперечной устойчивости автомобиля представлены на рисунке 19.

«Коэффициент статической поперечной устойчивости и предельный угол бокового статического опрокидывания определяются по формулам:

$$k_{CT} = \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{H_{CT}} \cdot (0,5B - \Delta_{ш} - \frac{\Delta_n}{1 + k_n}), \quad (85)$$

где  $B$  – ширина колеи, 2,0 м;

$\Delta_{ш}$  – расчетная поперечная деформация шин, 0,095 [21];

$k_n$  – коэффициент неподрессоренных масс, 0,61;

$\Delta_n$  – смещение центра неподрессоренных масс вследствие поперечного крена, м.

$$\beta = \operatorname{arctg} \cdot k_{CT}, \quad (86)$$

$$\Delta_n = \varphi_{KP} \cdot (h_n - h_0), \quad (87)$$

где  $h_n$  – высота центра подрессоренных масс, определяется по формуле (85) с использованием данных чертежей и составляет 1,2 м;

$h_0$  – высота центра крена, у автомобилей с листовыми рессорами находится на уровне крепления рессор к раме, 0,8 м [21];

$\varphi_{KP}$  – угол крена подрессоренных масс, рад, определяется по формуле:

$$\varphi_{KP} = \operatorname{arctg} \left( \frac{h^D}{B_p} \right), \quad (88)$$

где  $h^D$  – динамический ход подвески мостов, равен 0,138;

$B_p$  – база комплектов рессор, равна 4,8 м» [21].

$$\varphi_{кр} = \arctg\left(\frac{0,138}{4,8}\right) = 0,029.$$

Рассчитанные значения угла крена поддрессоренных масс и смещения центра поддрессоренных масс, составляют соответственно 0,029 рад и 0,017 м.

$$k_{ст} = tg\beta = \frac{1}{1,2} \left( 0,5 \cdot 2,0 - 0,095 - \frac{0,017}{1 + 0,61} \right) = 0,703 \text{ рад.}$$

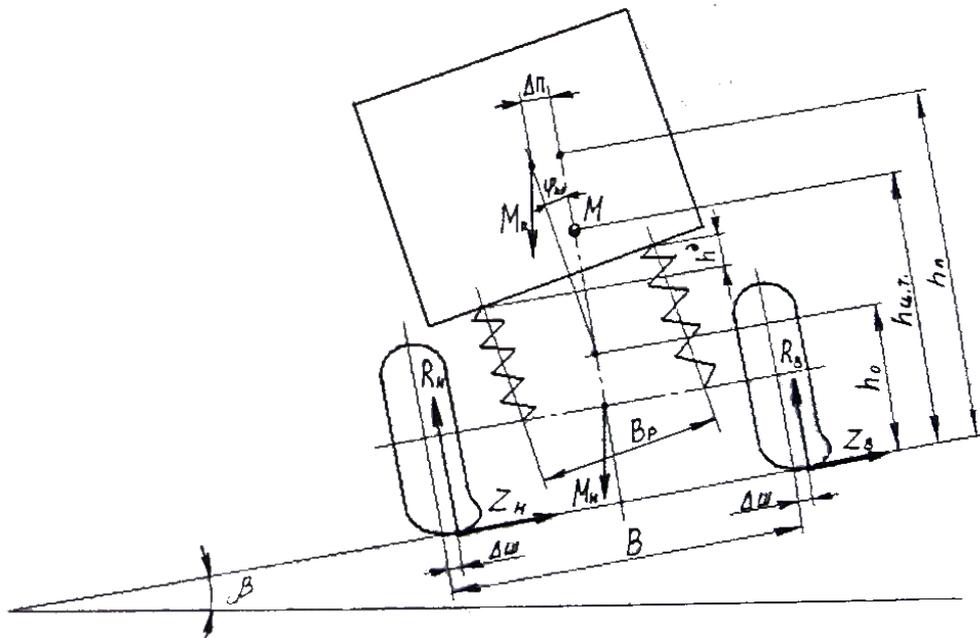


Рисунок 19 – Схема для расчёта поперечной устойчивости

«Расчетные величины коэффициента статической поперечной устойчивости и предельного угла бокового статического опрокидывания, определенные по формулам, имеют численные значения:

$$k_{ст} = 0,703 > [k_{ст}], \quad (89)$$

$$\beta = 39^\circ > [\beta], \quad (90)$$

где  $[k_{ст}]$ ,  $[\beta]$  – нормированные для автомобилей значения оценочных показателей, 0,55, 29°» [15].

Выполнение условий (89) и (90) свидетельствует о том, что автомобиль, обладает необходимым запасом поперечной устойчивости.

Расчет продольной устойчивости автомобиля необходим для определения его способности удерживать устойчивость на дороге при движении вперед. Этот расчет позволяет оценить, как автомобиль поведет себя в различных ситуациях, таких как торможение, ускорение или изменение направления движения. Такой анализ помогает проектировщикам и инженерам улучшить динамические характеристики автомобиля и обеспечить безопасность его эксплуатации.

«В случае потери продольной устойчивости автомобиль может опрокинуться относительно передней или задней оси либо скользить (сползать) в продольном направлении. У современных автомобилей с низко расположенным центром тяжести опрокидывание в продольной плоскости маловероятно. Возможно лишь буксование задних колес, вызывающее сползание автомобиля, например, во время преодоления автомобилем крутого подъема большой длины» [14].

«Определим максимальный угол подъема, который при равномерном движении может преодолеть автомобиль без буксования ведущих колес. Примем, что силы сопротивления качению и воздуха отсутствуют (рисунок 20).

Из условий равновесия автомобиля имеем:

$$Z_2 = \frac{Gh_y \sin \alpha_d + \cos \alpha_d}{L}, \quad (90)$$

где  $G$  – масса автомобиля, 2500 кг;

$h_y$  – высота центра тяжести, 1,2 м;

$\alpha_d$  – дорожный уклон, град;

$L$  – база автомобиля, 2,3 м» [13].

$$X_2 = G \sin \alpha_0, \quad (91)$$

«Максимальная величина реакции ограничена сцеплением шин с дорогой:

$$X_2 = \varphi_x Z_2, \quad (92)$$

где  $\varphi_x$  – коэффициент сцепления, принимаем 0,6» [3].

«Подставив в формулу (92) значения  $X_2$  и  $Z_2$  согласно выражениям (90) и (91) и разделив обе части на  $\cos \alpha_d$ , получим выражение для максимального (критического) угла подъема, при котором возможно движение автомобиля без буксования ведущих колес:

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{\alpha \cdot \varphi_x}{L - \varphi_x h_u}. \quad (93)$$

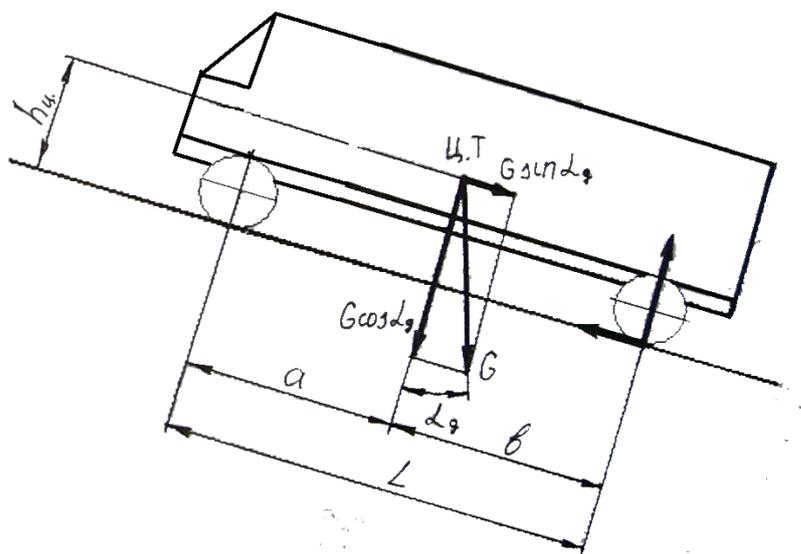


Рисунок 20 – Схема для расчета продольной устойчивости

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{1,5 \cdot 0,6}{2,3 - 0,6 \cdot 1,2} 0,57.$$

Критический угол подъема равен:

$$\alpha_{д} = \arctg \cdot 0,57 = 33^{\circ} .$$

Значение критического угла подъема говорит о достаточной продольной устойчивости для проектируемого автомобиля-вездехода» [9].

### 3.11 Расчет радиусов поворота

Расчет радиусов поворота необходим для определения минимального радиуса поворота, который может совершить транспортное средство без столкновения с препятствиями или другими транспортными средствами. Это позволяет оценить маневренность и безопасность движения транспортного средства на дороге, а также спланировать маршрут и выбрать подходящий транспорт для конкретных условий.

На рисунке 21 показан автомобиль при движении на повороте.

«Для упрощения примем, что автомобиль является плоской фигурой и движется по горизонтальной дороге, а шины в поперечном направлении не деформируются.

При равномерном движении по дуге постоянного радиуса на автомобиль действует центробежная сила:

$$P_{ц} = M_a w^2 p , \quad (94)$$

где  $G_a$  – вес автомобиля, кг;

$w$  – угловая скорость автомобиля при повороте, рад/с;

$p$  – радиус кривизны траектории центра тяжести автомобиля, м.

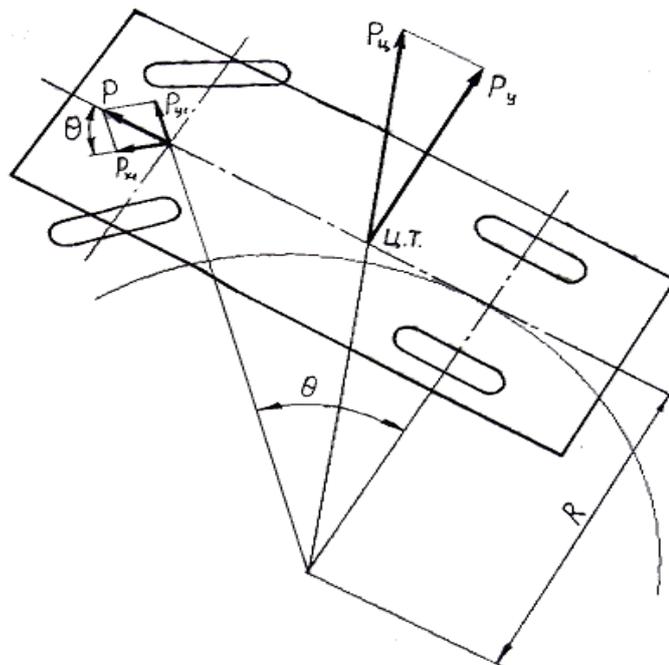


Рисунок 21 – Схема движения автомобиля на повороте

$$w = \frac{v}{R}, \quad (95)$$

$$p = \frac{R}{\cos \gamma}, \quad (96)$$

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \theta} \approx \frac{L}{\theta}, \quad (97)$$

где  $\gamma$  – угол между радиусом поворота центра тяжести и продолжением оси задних колес.

$L$  – база автомобиля, м;

$\theta$  – угол между продольной осью автомобиля и вектором скорости средней точки передней оси. Этот угол приблизительно равен полусумме углов поворота управляемых колес» [22].

«Потеря устойчивости автомобилем наиболее опасна при большой скорости, когда движение его близко к прямолинейному. Угол  $\theta$  при этом сравнительно невелик и можно считать, что  $\operatorname{tg} \theta$  равен 0

Таким образом, центробежная сила, действующая на автомобиль при его равномерном движении по дуге окружности:

$$R_{ц} = \frac{M_a v^2}{R \cos \gamma} \approx \frac{M_a v^2 \theta}{L \cos \gamma} \gg [13]. \quad (98)$$

Поперечная составляющая центробежной силы:

$$P_y = P_{ц} \cos \gamma = \frac{M_a v^2 \theta}{L}. \quad (99)$$

Определим критическую скорость автомобиля по условию опрокидывания (рисунок 22).

«При повороте под действием центробежной силы, автомобиль может опрокинуться относительно оси, проходящей через центры контактов шин наружных колес с дорогой. Составим уравнение моментов сил относительно этой оси:

$$G \cdot 0,5 \cdot B - P_y h_u = Z_B B. \quad (100)$$

где  $Z_B$  – сумма нормальных реакций дороги, действующих на внутренние колеса автомобиля, Н.

В момент начала опрокидывания внутренние колеса автомобиля оторвутся от дороги и реакции станут равны нулю, тогда:

$$0,5 \cdot B = P_y h_u. \quad (101)$$

Подставив вместо силы, ее значение, получим выражение для критической скорости по условиям опрокидывания:

$$v_0 = \sqrt{\frac{B \cdot L \cdot g}{2h_u \theta}} \approx \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2h_u}} \gg [14]. \quad (102)$$

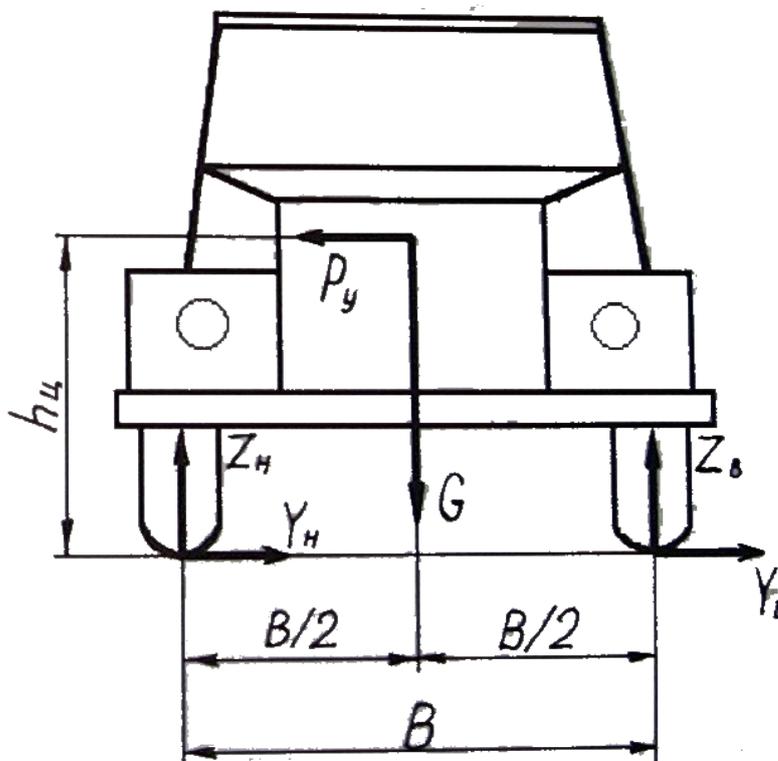


Рисунок 22 – Схема для расчета критической скорости

«Из выражения (102) получим формулу для расчета радиусов поворота автомобиля:

$$R = 2 \cdot \frac{h_u \cdot v^2}{B \cdot g} \gg [14], \quad (103)$$

$$R = 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 16,6^2}{2 \cdot 9,8} = 34 \text{ м.}$$

Результаты расчетов по формуле (102) для скоростей в интервале от максимальной до минимальной с шагом в 5 км/ч сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Радиусы скоростей

Скорость, км/ч	Радиус поворота, м	Скорость, км/ч	Радиус поворота, м
60	34	35	12
55	29	30	8,5
50	24	25	6
45	19	20	3,5
40	15	15	1,5

В действительности при скоростях ниже 30 км/ч автомобиль будет поворачивать по своему минимальному радиусу поворота – 7,1 м.

Выводы по разделу.

Проведенный расчет автомобиля позволил определить оптимальные параметры и характеристики автомобиля, такие как габариты, масса, распределение массы, жесткость и прочность конструкции, аэродинамические характеристики и другие.

В конструкторской части раздела дополнительно спроектирована главная передача с дифференциалом повышенного трения, бортовая передача, а также сам автомобиль.

Спецификации на указанные узлы и модель транспортного средства представлена в Приложение А (рисунки А.1-А.5).

Данный расчет позволил создать автомобиль, который будет обладать оптимальными техническими характеристиками, безопасностью и комфортом для пассажиров, а также эффективностью в эксплуатации. Кроме того, конструкторский расчет помогает оптимизировать производственные процессы и уменьшить издержки на производство автомобиля.

## **4 Технологический раздел**

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства.

Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов.

Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

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

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

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

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции.

Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки.

В случае с бортовой передачей (колесным редуктором) заднего моста, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

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

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (104)$$

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

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт.» [9].

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

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

«План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [9].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять картер колесного редуктора заднего моста	0,3
Осмотреть картер колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии картера заданным стандартам	1
Взять полуось	0,5

Продолжение таблицы 15

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Осмотреть полуось на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии полуоси заданным стандартам	1
Взять маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста	0,2
Осмотреть маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений	0,2
Установит ь маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста на полуось	0,4
Взять подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе	0,2
Осмотреть подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе на наличие трещин или повреждений	0,2
Запрессовать подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе на полуось	0,8
Взять кольцо стопорное внутреннего подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста	0,2
Установить кольцо стопорное внутреннего подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста на подшипник ведущей шестерни в сборе на полуось	0,2
Взять шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста	0,2
Осмотреть шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии шестерни заданным стандартам	1
Установить шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста на полуось	1
Взять подшипник ведущей шестерни в сборе	0,2
Осмотреть подшипник ведущей шестерни на наличие трещин или повреждений	0,2
Запрессовать подшипник ведущей шестерни на полуось	0,8
Взять кольцо стопорное наружного подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста	0,2
Установить кольцо стопорное наружного подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста на полуось	0,2
Установить полуось в сборе в картер колесного редуктора заднего моста	1
Взять корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора	0,2
Осмотреть корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	0,3
Взять болт М10×1×21, шайбу 10 пружинную	0,2
Установить корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора на картер колесного редуктора заднего моста при помощи болтов М10×21, шайб 10 пружинных	1,2

Продолжение таблицы 15

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Взять ведомую шестерню редуктора	0,2
Осмотреть ведомую шестерню редуктора на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	1
Взять вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста	0,2
Осмотреть вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии вала заданным стандартам	1
Взять болт М10×1×21, шайбу 10 пружинную	0,2
Соединить вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста с ведомой шестерней редуктора при помощи болтов М10×21, шайб 10 пружинных	2
Установить вал ведомой шестерни колесного редуктора в сборе с ведомой шестерней редуктора на шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста	0,5
Взять прокладку крышки редуктора	0,2
Установить прокладку крышки редуктора на картер колесного редуктора заднего моста	0,2
Взять крышку редуктора переднего моста	0,3
Осмотреть крышку редуктора переднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам	1
Взять болт М10×25, шайбу 10 пружинную	0,2
Соединить крышку редуктора переднего моста с картером колесного редуктора заднего моста при помощи болтов М10×25, шайб 10 пружинных	3
Взять пробки маслосливного и маслоналивного отверстий	0,2
Установить пробки маслосливного и маслоналивного отверстий в картер колесного редуктора заднего моста	1,2
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	10
Заправить редуктор трансмиссионным маслом	2
Выполнить обкатку редуктора	60
Итого:	95,3

«Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n} \gg [24]. \quad (105)$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = t_{\text{он}}^{\text{общ}} + t_{\text{он}}^{\text{общ}} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (106)$$

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

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается равным 5%» [24].

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = 95,3 + 95,3 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 102,92 \text{ мин.}$$

## 4.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 16.

Таблица 16 – Технологический процесс сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Взять картер колесного редуктора заднего моста	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway,	55,7
		2	Осмотреть картер колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		3	швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии картера заданным стандартам	слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец, кантователь, сборочный стол	
		4	Взять полуось		
		5	Осмотреть полуось на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии полуоси заданным стандартам		
		6	Взять маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста		
		7	Осмотреть маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений		
		8	Установит ь маслоотражатель картера колесного редуктора заднего моста на полуось		
		9	Взять подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе		
		10	Осмотреть подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе на наличие трещин или		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			повреждений		
		11	Запрессовать подшипник ведущей шестерни внутренний в сборе на полуось		
		12	Взять кольцо стопорное внутреннего подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста		
		13	Установить кольцо стопорное внутреннего подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста на подшипник ведущей шестерни в сборе на полуось		
		14	Взять шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста		
		15	Осмотреть шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии шестерни заданным стандартам		
		16	Установить шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста на полуось		
		17	Взять подшипник ведущей шестерни в сборе		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		18	Осмотреть подшипник ведущей шестерни на наличие трещин или повреждений		
		19	Запрессовать подшипник ведущей шестерни на полуось		
		20	Взять кольцо стопорное наружного подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста		
		21	Установить кольцо стопорное наружного подшипника ведущей шестерни колесного редуктора заднего моста на полуось		
		22	Установить полуось в сборе в картер колесного редуктора заднего моста		
		23	Взять корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора		
		24	Осмотреть корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		25	Взять болт М10×1×21, шайбу 10 пружинную		
		26	Установить корпус наружного подшипника ведущей шестерни редуктора на картер колесного редуктора заднего моста при помощи болтов М10×21, шайб 10 пружинных		
		27	Взять ведомую		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			шестерню редуктора		
		28	Осмотреть ведомую шестерню редуктора на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		29	Взять вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста		
		30	Осмотреть вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии вала заданным стандартам		
		31	Взять болт М10×1×21, шайбу 10 пружинную		
		32	Соединить вал ведомой шестерни колесного редуктора заднего моста с ведомой шестерней редуктора при помощи болтов М10×21, шайб 10 пружинных		
		33	Установить вал		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			ведомой шестерни колесного редуктора в сборе с ведомой шестерней редуктора на шестерню ведущую колесного редуктора заднего моста		
		34	Взять прокладку крышки редуктора		
		35	Установить прокладку крышки редуктора на картер колесного редуктора заднего моста		
		36	Взять крышку редуктора переднего моста		
		37	Осмотреть крышку редуктора переднего моста на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии заданным стандартам		
		38	Взять болт М10×25, шайбу 10 пружинную		
		39	Соединить крышку редуктора переднего моста с картером колесного редуктора заднего моста при помощи болтов М10×25, шайб 10 пружинных		
		40	Взять пробки маслосливного и маслоналивного отверстий		

Продолжение таблицы 16

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		41	Установить пробки маслосливного и маслоналивного отверстий в картер колесного редуктора заднего моста		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости		17
		2	Заправить редуктор трансмиссионным маслом	Воронка, масло трансмиссионное	
015	Испытательная	1	Выполнить обкатку редуктора	Стенд для обкатки редукторов	60

Технологическая схема сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

Разработка технологического процесса сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста необходима для обеспечения качественной сборки данного узла и его надежной работы.

Технологический процесс позволил оптимизировать процесс сборки, уменьшить вероятность возникновения дефектов и повысить производительность производства. Кроме того, разработка технологического процесса позволила установить оптимальную последовательность операций, выбрать необходимое оборудование и инструменты, а также определить необходимое количество рабочих и временные затраты на процесс сборки. В итоге, разработка технологического процесса сборки бортовой передачи заднего моста способствует повышению эффективности производства и качества конечного продукта.

## 5 Производственная и экологическая безопасность проекта

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

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

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

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

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

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

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

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

### **5.1 Описание технологического процесса сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 17).

Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или подлежащих обязательному сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического

управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 17 – Технологический паспорт технологического процесса сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста

Технологический		Должность сотрудника	Оборудование, приспособление	Материалы, вещества
процесс	вид выполняемых работ			
Сборка бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста	1 Установка подшипников. 2 Установка зубчатых колес на валы и установка их в корпус. 3 Установка прокладки для обеспечения герметичности передачи. 4. Соединение корпусов и закрепление всех компонентов болтами и гайками	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец, кантователь, сборочный стол	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

Изучив технологический паспорт технологического процесса сборки, можно сделать вывод, что процесс сборки представляет собой сложную и трудоемкую операцию, требующую точности и внимательности.

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

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

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

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

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

Таблица 18 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста.

Таблица 18 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка подшипников. 2 Установка зубчатых колес на валы и установка их в корпус. 3 Установка прокладки для обеспечения герметичности передачи. 4. Соединение корпусов и закрепление всех компонентов болтами и гайками	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [7]
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент» [7]

Продолжение таблицы 18

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

По результатам идентификации профессиональных рисков можно сделать вывод о том, что определенные профессии или отрасли деятельности имеют свои уникальные риски, которые необходимо учитывать при планировании и проведении мероприятий по обеспечению безопасности и здоровья работников.

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

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

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

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

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках. Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей таблице 19.

Таблица 19 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 19

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

Продолжение таблицы 19

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

Продолжение таблицы 19

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

Продолжение таблицы 19

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

Из таблицы можно видеть, что проводятся различные мероприятия по снижению профессиональных рисков, такие как обучение сотрудников, проведение инструктажей, анализ и устранение опасных ситуаций.

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

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

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 20).

Таблица 20 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Агрегатный участок»	Технологическое оборудование, применяемое на агрегатном участке	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [7].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);

- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [16].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

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

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

«Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих» [5].

Разрабатываем план соблюдения требований пожарной безопасности при сборке бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста и заносим мероприятия в таблицу 21.

Таблица 21 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [16]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [7]

Все работодатели также должны:

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

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса**

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений. Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

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

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

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс. Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье. Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию. Повышение энергоэффективности имеет жизненно важное значение для сокращения выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение энергоэффективных технологий – шаги к экологической безопасности.

Транспорт вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду. Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы. Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии, поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее

осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов и сведем их в таблицу 22.

Таблица 22 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка бортовой передачи (колесного редуктора) заднего моста	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности проекта, были проведены анализы материалов, используемых в процессе сборки, с целью их экологической безопасности. Были разработаны рекомендации по утилизации отходов производства с целью минимизации воздействия на окружающую среду.

Особое внимание было уделено обучению персонала по правилам техники безопасности, мерам предотвращения пожаров и экологической безопасности. Были проведены тренинги и семинары, на которых сотрудники были ознакомлены с основными принципами безопасной работы и важностью соблюдения всех необходимых мер.

Паспорт производственно-технологического процесса сборки бортовой передачи был разработан с учетом всех аспектов производственной и экологической безопасности, что позволит обеспечить безопасную и экологически чистую работу на производстве.

## **6 Экономическая эффективность проекта**

Экономическая эффективность проекта определяется как способность проекта приносить прибыль или экономическую выгоду в сравнении с затратами, вложенными в него. Для оценки экономической эффективности проекта обычно используются различные показатели, такие как инвестиционная привлекательность, внутренняя норма доходности (IRR), чистая приведенная стоимость (NPV) и другие. Для того чтобы проект был экономически эффективным, необходимо соблюдать баланс между затратами и ожидаемой прибылью, а также учитывать риски и неопределенность, которые могут повлиять на результаты проекта. Также важно проводить регулярный мониторинг и оценку экономической эффективности проекта на протяжении всего его жизненного цикла. В целом, экономическая эффективность проекта является ключевым критерием успеха и позволяет оценить целесообразность его реализации и вложения ресурсов в него.

### **6.1 Экономическое обоснование расчета**

«Разработка и создание машин на шинах низкого давления на базе УАЗ-3962 обуславливается следующими факторами:

- большой дорожный просвет и низкое удельное давление на грунт обеспечивают им высокую проходимость;
- рациональная компоновка и лучшее использование тяговых и скоростных качеств вездеходов позволяет эффективно использовать их на различных работах;
- высокая степень унификации вездеходов на пневматиках низкого давления с базовыми автомобилями позволяет организовать их производство без значительных капитальных затрат.

Расчет сводится к сравнению экономических показателей передвижной машины технического обслуживания и ремонта на базе УАЗ-3962 с

существующей моделью на базе автомобиля Газель «Кержак». Вездеход на пневматиках низкого давления может использоваться для проведения ТО и ремонта лесозаготовительной техники, вывоза лесозаготовительной бригады, а также как резервная электростанция для мастерских участков» [28].

## 6.2 Определение затрат на переоборудование автомобиля в вездеход на шинах низкого давления

Исходные данные для расчета приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Данные для расчета затрат на переоборудование автомобиля

Наименование показателя	Стоимость, руб.
«Стоимости:	
– базового автомобиля УАЗ (подержанного)	250000
– заднего моста УАЗ-3962	19000
– двигателя ЗМЗ-402.10	56000
– передний мост	23000
– колеса	12000
– электрическая проводка	5000
Общая стоимость снятых с автомобиля запасных частей	119000
Стоимости:	
– переднего моста с бортовым редуктором	27000
– заднего моста с бортовым редуктором	21000
– двигателя ЗМЗ-5143.10	150000
– колёс «Арктиктранс»,	51600
– электропроводки	5000
– подрамника	4000
Общая стоимость устанавливаемых запасных частей	258600
Стоимость одного нормо-часа на сборочно-разборочных и регулировочных работах	400
Стоимость оборудования для ТО и ремонта:	
– дрель ударная;	3000
– станок заточной;	3500
– генераторная установка;	25000
– сварочный аппарат;	15000
– шурупверт	2000» [12]

«Метод ценообразования, применяемый при определении цены запасных частей, принимаем по аналогии с существующими конструкциями» [24].

Затраты времени на разборочно-сборочные работы при переоборудовании автомобиля в вездеход на шинах низкого давления приведены в таблице 24.

«Затраты на переоборудование определяются по выражению:

$$C_{пер} = C_{дем.} + C_{мон.}, \quad (107)$$

где  $C_{дем.}$  – затраты на демонтажные работы, р.;

$C_{мон.}$  – затраты на монтажные работы, р» [29].

Таблица 24 – Затраты времени на разборочно-сборочные работы

Наименование показателя	Значение
«Снятие, ч.:	
– заднего моста	2,5
– переднего моста	2,5
– двигателя	6,5
– электропроводки	1,5
Установка, ч.:	
– подрамника, ч	5
– заднего моста	3
– переднего моста	3
– двигателя	7
– электропроводки	3
Сварочные и крепежные работы на кузове вездехода при установке колёс, ч	16
Установка колёс, ч	1
Регулировочные работы, ч	5
Установка оборудования для ТО и ремонта, ч	4» [17].

«Затраты на демонтажные работы определяются по выражению:

$$C_{дем.} = T_{дем.} \cdot S_H \cdot K_{p.c.} \cdot KO_{CH}, \quad (108)$$

где  $T_{дем.}$  – время на демонтажные работы, 13 ч ;

$S_H$  – стоимость одного нормо-часа, принимаем 400 р. [23];

$K_{p.c.}$  – коэффициент, учитывающий районную и северную надбавку, 1,7;

$KO_{CH}$  – отчисления на социальные нужды включают в себя единый социальный налог в размере 26 % от фонда оплаты труда и страхового тарифа 2,2%, принимаем 1,282» [23].

$$C_{дем.} = 13 \cdot 400 \cdot 1,7 \cdot 1,282 = 11332,9 \text{ р.}$$

«Затраты на монтажные работы и установку оборудования для ТО и ремонта определяются по выражению:

$$C_{мон.} = T_{мон.} \cdot S_H \cdot K_{p.c.} \cdot KO_{CH}, \quad (109)$$

где  $T_{мон.}$  – общее время на монтажные работы, 47 ч» [25].

$$C_{мон.} = 47 \cdot 400 \cdot 1,7 \cdot 1,282 = 40972,7 \text{ р.},$$

$$C_{мон.} = 11332,9 \cdot 40972,7 = 52305,6 \text{ р.}$$

«Доходы от продажи запасных частей, снятых с автомобиля, определяются по выражению:

$$D_{з.ч.} = C_{з.ч.} \cdot 0,8, \quad (110)$$

где  $C_{з.ч.}$  – стоимость снятых с автомобиля запасных частей, 119000 р.;

0,8 – понижающий коэффициент» [25].

$$D_{з.ч.} = 119000 \cdot 0,8 = 95200 \text{ р.}$$

«Стоимость автомобиля после продажи запасных частей определится по выражению:

$$C_{авт.} = C_{нач.} - D_{з.ч.}, \quad (111)$$

где  $C_{нач.}$  – общая стоимость автомобиля УАЗ-3962, 250000 р.» [23].

$$C_{авт.} = 250000 - 95200 = 154800 \text{ р.}$$

«Стоимость проектируемого вездехода, определится по формуле:

$$C_{везд.} = C_{авт.} + C_{пер.} + C_{з.ч.}^V + C_{обор.}, \quad (112)$$

где  $C_{з.ч.}^V$  – общая стоимость запасных частей, применяемых при изготовлении, 258600 р.,

$C_{обор.}$  – стоимость устанавливаемого оборудования для ТО и ремонта, 48500 р.» [23].

$$C_{везд.} = 154800 + 52305,6 + 258600 + 48500 = 514205,6 \text{ р.}$$

«Общие затраты при изготовлении автомобиля определяются по выражению:

$$C_{общ.} = C_{везд.} - C_{авт.} \text{ » [23],} \quad (113)$$

$$C_{общ.} = 514205,6 - 154800 = 359405,6 \text{ р.}$$

Стоимость ремонтной мастерской «Кержак» составляет 359405,6 р.

### 6.3 Расчет эксплуатационных затрат

«Среднегодовой пробег автомобиля рассчитывается по формуле:

$$L_{г.} = L_{сс.} \cdot Ч_{см}, \quad (114)$$

где  $L_{сс.}$  – среднесуточный пробег автомобиля, принимаем 100 км;

$Ч_{см}$  – количество рабочих смен в году, принимаем 250 смен» [29].

$$L_r = 100 \cdot 250 = 25000 \text{ км.}$$

«Годовой расход топлива автомобилем ведем в городском цикле:

$$Q_r = 0,01 \cdot H_s \cdot L_r \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (115)$$

где  $Q_r$  – нормативный расход топлива, литры;

$H_s$  – базовая линейная норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100 км,  $H_{s1} = 25$ ,  $H_{s2} = 15$ ;

$L_r$  – пробег автомобиля, км;

$D$  – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %.

$$D = D_1 + D_2, \quad (116)$$

где  $D_1$  – повышение норм расхода топлива при работе в городах с населением до 500 тыс. человек – принимаем 10%;

$D_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительную потребность в топливе при эксплуатации в зимний период, %, рассчитывается по формуле.

$$D_2 = H_{3y} \cdot \frac{N_{3M}}{12}, \quad (117)$$

где  $H_{3y}$  – надбавка к нормам в зимний период, для северного региона принимаем 15%;

$N_{3M}$  – продолжительность зимнего периода, для очень холодного климата – 6 месяцев» [30].

$$D_2 = 15 \cdot \frac{6}{12} = 7,5 \%,$$

$$D = 10 + 7,5 = 17,5\%.$$

Вездеход «Кержак»:

$$Q_{T1} = 0,01 \cdot 25 \cdot 25000 \cdot (1 + 0,01 \cdot 7,5) = 6719 \text{ л.}$$

Проектируемый вездеход:

$$Q_{T1} = 0,01 \cdot 15 \cdot 25000 \cdot (1 + 0,01 \cdot 7,5) = 4031 \text{ л.}$$

«Годовые затраты на топливо определяются по формуле:

$$Z_T = Q_T \cdot C_T, \quad (118)$$

где  $C_T$  – стоимость одного литра топлива, для бензина АИ-92 – 47,29 р./л, для дизельного топлива 49,04 р./л» [31].

Годовые затраты на топливо составят:

$$Z_T^K = 6719 \cdot 49,04 = 329499,8 \text{ р.},$$

$$Z_T^H = 4031 \cdot 47,29 = 190626,0 \text{ р.}$$

«Годовые затраты на моторное масло определяются по формуле:

$$Z_{MM} = \frac{L_T}{100} \cdot H_M \cdot C_{MM}, \quad (119)$$

где  $H_M$  – норма расхода моторного масла на угар и замена один раз на 10000 км, л/100км, (расход на угар – 0,5 %);

$C_{MM}$  – стоимость одного литра моторного масла, для моторного масла 10W-40 – 210 р./1 л., для 10W-40 CF – 318 р./1 л.» [30].

Для вездеходов нормы расхода равны:

$$H_M^K = 0,086 + 0,037 = 0,123.$$

$$H_M^П = 0,1 + 0,042 = 0,142.$$

Для вездеходов годовые затраты на моторное масло составят:

$$З_{MM}^K = \frac{25000}{100} \cdot 0,123 \cdot 210 = 6457,5 \text{ р.},$$

$$З_{MM}^П = \frac{25000}{100} \cdot 0,142 \cdot 318 = 11289,0 \text{ р.}$$

«Затраты на масло для гидросистемы определяется по формуле:

$$З_{MTC} = \frac{Q_T}{100} \cdot H_{MTC} \cdot C_{MTT}, \quad (120)$$

где  $H_{MTC}$  – норматив расхода трансмиссионного масла, л/100л топлива,

для вездехода «Кержак» – 0,12, для прототипа – 0,1 (Прототип);

$C_{MTT}$  – стоимость 1 литра трансмиссионного масла, 375 р.» [27].

$$З_{MM}^K = \frac{6719}{100} \cdot 0,12 \cdot 375 = 3023,6 \text{ р.},$$

$$З_{MM}^П = \frac{4031}{100} \cdot 0,1 \cdot 375 = 1511,6 \text{ р.}$$

«Затраты на трансмиссионное масло в год определяется по формуле:

$$З_{MTP} = \frac{Q_T}{100} \cdot H_{MTP} \cdot C_{MTT}, \quad (121)$$

где  $H_{MTP}$  – норматив расхода трансмиссионного масла, л/100л топлива,

для вездехода «Кержак» – 0,4, для прототипа – 0,38;

$C_{MTT}$  – стоимость одного литра трансмиссионного масла, 375 р.» [31].

$$З_{МТР}^К = \frac{6719}{100} \cdot 0,4 \cdot 375 = 10078,5 \text{ р.},$$

$$З_{ММ}^П = \frac{4031}{100} \cdot 0,38 \cdot 375 = 5744,2 \text{ р.}$$

«Затраты на пластичную смазку:

$$З_{МТР} = \frac{Q_T}{100} \cdot H_{МПЛ} \cdot C_{МПШ}, \quad (122)$$

где  $H_{МПЛ}$  – норматив расхода пластичной смазки, кг/100л топлива, для вездехода «Кержак» – 0,35; для прототипа – 0,35;

$C_{МПШ}$  – стоимость пластичной смазки, 281 р./кг» [23].

$$З_{МТР}^К = \frac{6719}{100} \cdot 0,35 \cdot 281 = 6608,1 \text{ р.},$$

$$З_{МТР}^П = \frac{4031}{100} \cdot 0,35 \cdot 281 = 3964,5 \text{ р.}$$

Суммарные годовые затраты на эксплуатационные материалы определяется по формуле:

$$З_{ЭМ} = З_T + З_{ММ} + З_{МГС} + З_{МТР} + З_{МПЛ}, \quad (123)$$

Подставляем ранее вычисленные значения и получаем:

$$З_{ЭМ}^К = 329499,8 + 6457,5 + 3023,6 + 10078,5 + 6608,1 = 455667,5 \text{ р.},$$

$$З_{ЭМ}^П = 190626,0 + 11289,0 + 1511,6 + 5744,2 + 3964,5 = 213135,3 \text{ р.}$$

«Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = \frac{C_0 \cdot H_a}{100}, \quad (124)$$

где  $H_a$  – норма амортизационных отчислений, в соответствии с налоговым кодексом РФ, нормы начисляются линейным способом.

$C_0$  – стоимость вездехода «Кержак» 1048500 р., стоимость проектируемого автомобиля – 514205,6 р.

$$H_a = \frac{100}{n}, \quad (125)$$

где  $n$  – срок эксплуатации, принимаем норму амортизационных отчислений при сроке эксплуатации 7 лет» [23].

$$H_a = \frac{100}{7} = 14,2 \text{ \%}.$$

Проводим расчёт амортизационных отчислений:

$$A^K = \frac{1048500 \cdot 14,2}{100} = 148887 \text{ р.},$$

$$A^П = \frac{514205,6 \cdot 14,2}{100} = 73017,2 \text{ р.}$$

«Сумма отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание определяется по формуле:

$$O_{\text{ТОиР}} = 0,07 \cdot C_0 \text{ » [23],} \quad (126)$$

$$O_{\text{ТОиР}}^K = 0,07 \cdot 1048500 = 73395 \text{ р.},$$

$$O_{\text{ТОиР}}^П = 0,07 \cdot 514205,6 = 35994,4 \text{ р.}$$

«Себестоимость содержания автомобиля определяется по формуле:

$$C = Z_{ЭМ} + A + O_{ТОиР} + Z_{ПП}, \quad (127)$$

где  $Z_{ПП}$  – прочие затраты, определяется по формуле (128);

$$Z_{ПП} = 0,05 \cdot (Z_{ЭМ} + A + O_{ТОиР}) \gg [23], \quad (128)$$

$$Z_{ПП}^K = 0,05 \cdot (135061,8 + 148887 + 73395) = 17867,2 \text{ р.},$$

$$Z_{ПП}^L = 0,05 \cdot (87051 + 73017,2 + 35994,4) = 9803,2 \text{ р.}$$

Определяем себестоимость содержания автомобиля:

$$C^K = 135061,8 + 148887 + 73395 + 17867,2 = 375211,2 \text{ р.},$$

$$C^L = 87051 + 81928 + 40387 + 9803,2 = 205865,8 \text{ р.}$$

«Экономическая эффективность определится по формуле:

$$E = \frac{\mathcal{E}_Г}{Z_{общ}}, \quad (129)$$

где  $\mathcal{E}_Г$  – годовая экономия затрат, составляет 169345,4 р» [23].

$$E = \frac{169345,4}{422156} = 0,4.$$

Результаты расчёта экономии затрат по содержанию снегохода приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Экономия затрат по содержанию снегохода

Показатели	Вариант	
	Вездеход «Кержак»	Проектируемый вездеход
Стоимость автомобиля, р.	1048500	514205,6
Себестоимость содержания вездехода, р.:	695811,7	331950,1
– амортизационные отчисления	148887	73017,2
– затраты на эксплуатационные материалы	455667,5	213135,3
– отчисления на ТО и ремонт	73395,0	35994,4

Продолжение таблицы 26

Показатели	Вариант	
	Вездеход «Кержак»	Проектируемый вездеход
– прочие затраты	17862,2	9803,2
Годовая экономия затрат по вездеходу, р.	–	169345,4

Срок окупаемости вычисляется по формуле:

$$T = \frac{C_{\text{общ}}}{\Delta_r}, \quad (130)$$

$$T = \frac{359405,6}{169345,4} = 2,1 \text{ года.}$$

Срок окупаемости проектируемого вездехода составит 25 месяцев.

Выводы по разделу.

Проведенный расчет экономической эффективности работы показал, что проект вездехода на базе автомобиля УАЗ-3962 является экономически эффективным и в дальнейшем может найти широкое применение. Это связано в первую очередь со стоимостью самого вездехода. Проектируемый вездеход на 534294,4 р. дешевле вездехода «Кержак» при прочих равных эксплуатационных возможностях. Во вторую очередь снижением затрат на эксплуатационные материалы. Годовая экономия эксплуатационных материалов составила 242532,2 р. Экономия затрат на ТО и ремонт по сравнению с вездеходом «Кержак» 37400,6 р. в год. Разница в амортизационных отчислениях составила 75869,8 р.

## Заключение

В данном дипломном проекте на тему: «Модернизация трансмиссии вездехода на шинах сверхнизкого давления на базе УАЗ» была обоснована тема дипломного проекта, поставлены цель и задачи.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведен обзор конструкций вездеходов;
- выполнено обоснование и выбор типа двигателя, а также расчет внешней скоростной характеристики двигателя;
- выполнено обоснование основных параметров автомобиля, определены весовые параметры автомобиля, выбраны шины, а также рассчитаны передаточные числа главной передачи, коробки передач, раздаточной коробки;
- выполнен тягово-динамический расчёт проектируемого автомобиля;
- выполнена конструкторская разработка вездехода на шинах сверхнизкого давления, а именно расчеты цилиндрической передачи, валов колёсного редуктора, подбор подшипников колёсного редуктора;
- рассмотрено техническое обслуживание трансмиссии;
- рассмотрена безопасность и экологичность проекта;
- определена экономическая эффективность проекта вездехода.

Таким образом, в рамках выполненной работы были решены ключевые технические и экономические задачи, связанные с разработкой вездехода на базе автомобиля УАЗ. Результатом работы стало создание конструкторского проекта вездехода на шинах сверхнизкого давления, который сочетает в себе высокую проходимость, надежность и экономическую эффективность.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Автомобили УАЗ-3741;3962;3909;2206;3303 и их модификации: Руководство по эксплуатации. Издание четвёртое. – Ульяновск, 2000. – 227 с.
2. Анисимов Г. М. Лесные тяговые машины: Методические указания по курсовому проектированию / Г. М. Анисимов. – М.: Лесотехническая академия им. Кирова, 1988. – 38 с.
3. Бачин О. И. Лесные машины. Кинематические схемы трансмиссий автотранспортных средств лесного комплекса : Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / О. И. Бачин. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2003. - 65 с.
4. Бойков А. В. Конструирование и расчет элементов трансмиссий транспортных машин: Учебное пособие / А. В. Бойков. – СПб. : Издательство СПб ГТУ, 2002. – 144 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили конструкция и элементы расчета. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 480 с.
6. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Управление промышленной и экологической безопасностью» . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
7. Гуревич А. М. Тракторы и автомобили: Учебник для вузов / А. М. Гуревич. - М. : Колос, 1983. – 336 с.
8. Дуров А. В. Тяговые машины. Тяговые качества лесотранспортных машин: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / А. В. Дуров. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1984. – 40 с.
9. Зимелев Г.В. Теория автомобилей. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1957 - 455 с.

10. Казакевич, П. Н. Организация и планирование технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин. Определение затрат на её содержание / П. Н. Казакевич. – Архангельск : РИО АЛТИ, 1990. – 45 с.

11. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 351 с.

12. Марченко, П. Ф. Теория и конструкция лесных колесных и гусеничных / П. Ф. Марченко. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1990. – 37 с .

13. Мясищев Д. Г. Лесотранспортные машины: Методические указания к выполнению курсовой работы / Д. Г. Мясищев. – Архангельск: РИО АГТУ, 1994. – 32 с.

14. Обливин В. Н. Безопасность жизнедеятельности в лесопромышленном производстве и лесном хозяйстве: Учебник / В. Н. Обливин. – М.: МГУЛ, 2002. – 496 с.

15. Перевязкин, Ю. Д. Расчет закрытых зубчатых и червячных передач: Методические указания к курсовому проектированию / Ю. Д. Перевязкин. - Архангельск: РИО АГТУ, 1995. – 32 с.

16. Полетайкин В.Ф. Проектирование лесопромышленного оборудования. Учебное пособие. – Красноярск: Издательство Краснояр. ун-та, 1988-176с.

17. Прокофьев Г. Ф. Валы и оси. Муфты. Шпоночные и шлицевые соединения : Учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. – Архангельск : Изд-во Арх. гос. техн. ун-та, 2003. - 104 с.

18. Прокофьев Г. Ф. Конструирование приводов технологических машин : Учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. – 506 с.

19. Прокофьев Г. Ф. Основы конструирования: учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. - Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. – 187 с.

20. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей УАЗ. - М.: Издательский Дом Третий Рим, 2004. – 144 с., табл., ил.

21. Сердечный, В. Н. Нормы расхода топлива – смазочных материалов в лесной промышленности: Справочник / В. Н. Сердечный. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 432 с.
22. Смирнов Н. Н. Проектирование и расчет специальных лесных машин: Методические указания к выполнению контрольных работ / Н. Н. Смирнов. - Архангельск : Изд-во АЛТИ, 1986. – 36 с.
23. Смирнова, И. В. Планирование ремонтного обслуживания лесозаготовительной техники и затрат на её содержание / И. В. Смирнова. – Архангельск: РИО АГТУ, 1996. – 33 с.
24. Чернавский С. А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие/ С. А. Чернавский. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
25. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
26. Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2012. - 106 с.
27. Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.
28. Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. - New York: Springer, 2008. - 1015 p.
29. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
30. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.
31. Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., New York, 2013. - 435p.

Приложение А  
Спецификации

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			24.ДП.01.206.6100.000.В0	Чертеж общего вида	2	
<i>Сборочные единицы</i>						
1			24.ДП.01.206.6101.000	Кузов	1	
2			24.ДП.01.206.6102.000	Бампер задний	1	
3			24.ДП.01.206.6103.000	Бампер передний	1	
4			24.ДП.01.206.6104.000	Фары головные	2	
5			24.ДП.01.206.6105.000	Баковые крылья	1	
A1			24.ДП.01.206.6106.000	Мост ведущий	1	
A1			24.ДП.01.206.6107.000	Бортовая передача	4	
			8 24.ДП.01.206.6108.000	Колесо	4	
			8 24.ДП.01.206.6109.000	Крыло левое	1	
			9 24.ДП.01.206.6110.000	Правое зеркало заднего вида (увеличенное)	1	
			10 24.ДП.01.206.6111.000	Левое зеркало заднего вида (увеличенное)	1	
			11 24.ДП.01.206.6112.000	Фара-искатель	1	
			12 24.ДП.01.206.6113.000	Мост ведущий задний	1	
<b>24.ДП.01.206.6100.000</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разработ	Проб	И.О.	Тузиков А.С.			
Н.контр.	Утв.	Тузиков А.С.	Байрабский А.В.			
<b>Вездеход вид с боку</b>					Лит.	Лист
					Д	1
					<b>ТГУ, АТс-1901В</b>	
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>	

Рисунок А.1 – Спецификация на конструкцию вездехода

Продолжение Приложения А

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	
Перв. примен.						
			Документация			
	A1	24.ДП.01.206.61.06.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
Справ. №			Сборочные единицы			
	1	24.ДП.01.206.61.06.01	Картер заднего моста	1		
	2	24.ДП.01.206.61.06.02	Корпус дифференциала	1		
	3	24.ДП.01.206.61.06.03	Сапун	1		
			Детали			
		4	24.ДП.01.206.61.06.004	Фланец ведущей шестерни	1	
		5	24.ДП.01.206.61.06.005	Шайба	1	
		6	24.ДП.01.206.61.06.006	Пыльник	1	
		7	24.ДП.01.206.61.06.007	Кольцо	1	
		8	24.ДП.01.206.61.06.008	Кольцо распорное	1	
Подп. и дата		9	24.ДП.01.206.61.06.009	Шестерня ведущая	1	
		10	24.ДП.01.206.61.06.010	Ось сателлитов	1	
		11	24.ДП.01.206.61.06.011	Сателлит	4	
		12	24.ДП.01.206.61.06.012	Полуось	2	
		13	24.ДП.01.206.61.06.013	Полуосевая шестерня	2	
		14	24.ДП.01.206.61.06.014	Шестерня ведомая	1	
		15	24.ДП.01.206.61.06.015	Пробка	1	
				Стандартные изделия		
		16		Болт М10х35 ГОСТ 7801-81	10	
	Взам. инв. №					
Инв. № дубл.						
Подп. и дата						
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб. Пров.	Беляев И.О. Тизлов А.С.				
Инв. № подл.	Исполн.	Тизлов А.С. Бабровский А.В.				
	Утв.					
24.ДП.01.206.61.06.000						
Главная передача с дифференциалом повышенного трения				Лит. Д	Лист 1	
ТГУ, АТс-1901В				Листов 2		
Копировал				Формат А4		

Рисунок А.2 – Спецификация на главную передачу с дифференциалом повышенного трения



Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Документация</i>									
A1			24.ДП.01.206.61.06.000.СБ	Сборочный чертёж	1				
<i>Детали</i>									
		1	24.ДП.01.206.61.06.001	Полуось правая	1				
		2	24.ДП.01.206.61.06.002	Картер	1				
		3	24.ДП.01.206.61.06.003	Маслоотражатель	1				
A3		4	24.ДП.01.206.61.06.004	Шестерня ведущая	1				
A3		5	24.ДП.01.206.61.06.005	Шестерня ведомая	1				
		6	24.ДП.01.206.61.06.006	Барабан тормозной	1				
		7	24.ДП.01.206.61.06.007	Маслоотражатель	1				
A3		8	24.ДП.01.206.61.06.008	Ступица	1				
		9	24.ДП.01.206.61.06.009	Шайба замочная	1				
		10	24.ДП.01.206.61.06.010	Цапфа	1				
		11	24.ДП.01.206.61.06.011	Фланец ведущий	1				
		12	24.ДП.01.206.61.06.012	Гайка упорная	1				
		13	24.ДП.01.206.61.06.013	Втулка	1				
A3		14	24.ДП.01.206.61.06.014	Вал ведомый	1				
		15	24.ДП.01.206.61.06.015	Прокладка паронитовая	2				
		16	24.ДП.01.206.61.06.016	Прокладка	1				
		17	24.ДП.01.206.61.06.017	Пробка	1				
<i>Стандартные изделия</i>									
		18		Болт М16х60 ГОСТ 7802-81	1				
		19		Болт М16х60 ГОСТ 7802-81	5				
			24.ДП.01.206.61.07.000						
Изм. / Лист		№ докум.		Подп.		Дата			
Разраб. / Пров.		Беляев И.О. / Тузилов А.С.							
Н.контр. / Утв.		Тузилов А.С. / Бодровский А.В.							
Бортовая передача				Лит.		Лист		Листов	
				Д		1		2	
ТГУ, АТс-1901В				Лит.		Лист		Листов	
				Д		1		2	
Копировал				Формат А4					

Рисунок А.4 – Спецификация на бортовую передачу

