

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей
(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему Разработка приводов колес автомобиля LADA Гранта с устройством
блокировки дифференциала

Обучающийся

С.В. Трофимов
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

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

канд. техн. наук, доцент А.М. Москалюк
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

В данной работе рассматривается разработка приводов колёс автомобиля LADA Granta, оснащенных устройством блокировки дифференциала. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эксплуатационных характеристик автомобиля, включая улучшение сцепления с дорогой, особенно в сложных условиях, таких как влажная или скользкая поверхность.

В ходе исследования был проведён анализ существующих решений и технологий, применяемых в приводах колёс, а также рассмотрены их преимущества и недостатки. Особое внимание было уделено устройству блокировки дифференциала, его принципу работы и влиянию на поведение автомобиля при выполнении маневров. [27]

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные.

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Разработка включает в себя как теоретическую, так и практическую часть, что позволяет оценить эффективность предложенных решений. Были выполнены расчёты механических составляющих приводов, а также проведены испытания прототипа на усталостные характеристики и надёжность. [11]

Результаты исследования показывают, что внедрение устройства блокировки дифференциала в конструкцию приводов колёс LADA Granta позволяет обеспечить улучшение управления автомобилем и повышения безопасности движения. Полученные данные могут быть использованы при дальнейшем развитии автомобильной промышленности, а также для повышения качества и конкурентоспособности моделей LADA на рынке.

Abstract

This paper considers the development of LADA Granta car wheel drives equipped with a differential lock device. The relevance of the topic is due to the need to improve vehicle performance, including improved traction, especially in difficult conditions such as wet or slippery surfaces.

The study analyzed the existing solutions and technologies used in wheel drives, as well as their advantages and disadvantages. Special attention was paid to the differential locking device, its principle of operation and the effect on the behavior of the car during maneuvers.

The graduation project consists of the following sections: an introduction, six chapters covering the topic of the project, a conclusion, and a list of sources used, including foreign ones.

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The development includes both a theoretical and a practical part, which makes it possible to evaluate the effectiveness of the proposed solutions. Calculations of the mechanical components of the drives were performed, as well as tests of the prototype for fatigue characteristics and reliability. The results of the study show that the introduction of a differential locking device into the design of LADA Granta wheel drives makes it possible to improve driving and improve traffic safety. The data obtained can be used in the further development of the automotive industry, as well as to improve the quality and competitiveness of LADA models on the market. [17]

Содержание

Введение	6
1 Технический проект	8
1.1 Обзор разработки приводов колес автомобиля LADA Гранта	8
1.2 Преимущества блокировки дифференциала	9
1.3 Материаловедение и термообработка	10
1.4 Технологии производства	11
1.5 Системы управления и автоматизации	11
2 Тяговый расчет автомобиля	17
2.1 Общие положения	17
2.2 Масса автомобиля	18
2.3 Силы сопротивления движению автомобиля	18
2.4 Сила сопротивления воздуха	19
2.5 Сила сопротивления подъему	24
2.6 Сила инерции автомобиля	25
3 Проектирование устройства блокирования дифференциала	27
3.1 Требования к конструкции привода колес автомобилей	27
3.2 Техническое предложение на разработку конструкции	30
3.3 Подбор основных элементов конструкции	37
4. Технологический процесс операций сборки	45
4.1 Общие положения	45
4.2 Требования к исполнителям операции	45
4.3 Разработка технологической карты	46
5 Безопасность и экологичность технического объекта	50
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	50
5.2 Оценка свойств автомобилей	52
5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	57
5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера	58

5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	60
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	63
6.1 Описание участка и производимых работ.....	63
6.2 Расчет затрат на расходные материалы	64
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления	65
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки	67
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала	69
Заключение	73
Список используемых источников	74
Приложение А.Спецификация.....	77

Введение

Современный автомобиль представляет собой сложную систему, в которой привод колес играет ключевую роль в обеспечении динамики, управляемости и безопасности движения. Эффективная передача крутящего момента от двигателя к колесам, с учетом различных дорожных условий и требований к маневренности, является важной задачей для конструкторов. Традиционные системы привода, использующие открытые дифференциалы, обладают рядом ограничений, особенно в условиях недостаточного сцепления одного из колес с дорогой. В таких ситуациях значительная часть крутящего момента направляется на колесо с меньшим сцеплением, что приводит к пробуксовке и снижению тяги.

Для решения этой проблемы широкое распространение получили различные устройства блокировки дифференциала, которые позволяют перераспределять крутящий момент между колесами, обеспечивая более уверенное движение по сложным поверхностям. Применение блокировок дифференциала значительно улучшает проходимость автомобиля, повышает его устойчивость и позволяет водителю более эффективно контролировать транспортное средство в экстремальных ситуациях. [9]

Данная работа посвящена разработке приводов колес автомобиля с устройством блокировки дифференциала. В рамках исследования будут рассмотрены существующие типы блокировок, их конструктивные особенности, принципы работы, преимущества и недостатки. Особое внимание будет уделено анализу влияния блокировок дифференциала на характеристики автомобиля, такие как проходимость, управляемость, динамика разгона и торможения. Целью работы является разработка оптимальной конструкции привода колес с блокировкой дифференциала, которая обеспечит наилучший баланс между улучшением проходимости и сохранением управляемости автомобиля в различных дорожных условиях. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и

модернизации приводов колес легковых автомобилей, внедорожников и другой автомобильной техники, эксплуатируемой в сложных условиях

Задачей данной работы является проектирование и анализ конструкции приводов колес LADA Granta с устройством блокировки дифференциала, обеспечивающим оптимальное сочетание проходимости, управляемости и надежности. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: [32]

- Провести анализ существующих конструкций приводов колес и устройств блокировки дифференциала;
- Разработать конструкцию привода колес с устройством блокировки дифференциала, учитывающую особенности автомобиля LADA Granta;
- Выполнить расчеты на прочность и надежность разработанной конструкции;
- Оценить экономическую целесообразность внедрения разработанной конструкции.

Результаты данной работы могут быть использованы для модернизации трансмиссии автомобиля LADA Granta, повышения его конкурентоспособности и улучшения потребительских характеристик. [7]

Современные требования к автомобильным приводам постоянно растут, что обусловлено стремлением повысить общую эффективность транспортных средств, их устойчивость на дороге и безопасность водителей и пассажиров. Одним из значимых аспектов для повышения проходимости и управляемости автомобиля является использование устройства блокировки дифференциала. Это решение особенно актуально в условиях плохих дорожных покрытий, что крайне важно для автомобилей, эксплуатируемых в сельской местности или в регионах с неблагоприятными климатическими условиями. Блокировка дифференциала позволяет автомобилю сохранять курсовую устойчивость и улучшает сцепление колес с дорогой, что в свою очередь обеспечивает более безопасное вождение.

1 Технический проект

1.1 Обзор разработки приводов колес автомобиля LADA Гранта

Автомобиль LADA Гранта, разработанный АвтоВАЗом, завоевал значительную популярность в России и СНГ благодаря своим экономическим характеристикам, надежности и доступности. Однако в условиях разнообразных дорожных покрытий и сложных климатических условий потребность в повышении внедорожных качеств автомобиля становится актуальной. Одним из решений этой проблемы является разработка приводов колес с устройством блокировки дифференциала, что позволяет значительно улучшить управляемость и сцепление автомобиля с дорогой.

Разработка приводов колёс автомобиля с устройством блокировки дифференциала – это сложная инженерная задача, требующая глубокого понимания принципов механики, материаловедения, трибологии, а также современных технологий производства и автоматизации. Технологическая основа этой разработки включает в себя ряд ключевых аспектов, рассмотренных ниже. [22]

Моделирование трансмиссии: для анализа и оптимизации работы привода используются специализированные программные комплексы, моделирующие динамику трансмиссии. Эти программы позволяют учитывать инерцию элементов, характеристики сцепления колес с дорогой, крутящий момент двигателя и другие параметры. Результаты моделирования позволяют оценить эффективность работы устройства блокировки дифференциала в различных режимах движения, выявить потенциальные проблемы и оптимизировать параметры системы.

Разработка геометрии зубчатых зацеплений: при проектировании редукторов привода необходимо учитывать геометрию зубчатых зацеплений, обеспечивая минимальный уровень шума и вибраций, высокую прочность и

долговечность. Для этого используются специализированные программные инструменты, позволяющие моделировать контактные напряжения и оптимизировать форму зуба.

Автомобиль LADA Granta, будучи популярным и доступным транспортным средством, также нуждается в совершенствовании этих узлов для повышения его эксплуатационных качеств в различных дорожных условиях.

Цель данной работы заключается в разработке нового приводного механизма колес автомобиля LADA Гранта с внедрением устройства блокировки дифференциала. В процессе работы будет выполнен анализ существующих решений и технологий, отражены преимущества предложенного подхода, а также представлены расчеты и моделирование его работы. Ожидается, что разработанное устройство позволит существенно улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля, повысить его безопасность и комфорт для водителей. [14]

1.2 Преимущества блокировки дифференциала

Разработка приводов колес автомобиля LADA Гранта с устройством блокировки дифференциала является ответом на потребности современных автолюбителей, стремящихся к повышению уровня комфорта, безопасности и проходимости своих автомобилей. Внедрение данной системы может значительно улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля, расширив его применение как в городских, так и в условиях сложного рельефа. С учетом всех технологических, конструктивных и производственных особенностей, данное решение дает все шансы на успешную реализацию и дальнейшее развитие приводов LADA Гранта: [37]

Блокировка дифференциала типа «Механический Блок» Использует механические элементы (шестерни, кулачки, винтовые механизмы) для блокировки дифференциала. Блокировка может быть активирована вручную

(например, рычагом или кнопкой) или автоматически при достижении определенного порога разницы в скорости вращения колес. Существуют различные типы механических блокировок, включая блокировки с предварительным натягом (LSD – Limited Slip Differential), автоматические блокировки (например, типа Eaton Detroit Locker) и блокировки с ручным управлением.

Конструктивные особенности: Механизм блокировки включает шестерни, кулачки, винтовые передачи или другие механические элементы, предназначенные для соединения полуосей. [2]

Предварительный натяг (в LSD): Пружины или фрикционные диски создают предварительное усилие, которое обеспечивает частичную блокировку дифференциала даже при небольшой разнице в скорости вращения колес.

Система управления (в ручных блокировках): Рычаг, кнопка или пневматический привод для активации и деактивации блокировки.

1.3 Материаловедение и термообработка

Выбор материалов: для изготовления деталей привода, таких как шестерни, валы, корпуса дифференциала, используются высокопрочные и износостойкие стали, легированные хромом, никелем, молибденом и другими элементами. Выбор конкретного материала зависит от требований к прочности, твердости, усталостной прочности и коррозионной стойкости.

Термическая обработка: для повышения прочности и износостойкости деталей привода применяются различные методы термической обработки, такие как закалка, отпуск, цементация, азотирование. Выбор метода термической обработки зависит от типа материала и требований к свойствам детали. Например, для повышения твердости поверхности шестерен часто используют цементацию с последующей закалкой.

Покрытия: для снижения трения и износа деталей привода используются различные покрытия, такие как DLC (Diamond-Like Carbon),

нитрид титана (TiN) и другие. Покрытия могут значительно увеличить срок службы деталей и повысить эффективность работы привода.

Заднеприводные компоновки. При заднем приводе колеса в задней части автомобиля передают мощность на дорогу. В отличие от привода передних колес, задний привод располагает рядом преимуществ.

1.4 Технологии производства

Механическая обработка: Детали привода изготавливаются с использованием современных станков с ЧПУ, обеспечивающих высокую точность и повторяемость. К основным методам механической обработки относятся точение, фрезерование, шлифование, зубонарезание, зубошлифование и суперфиниширование. [23]

Литье: Корпуса дифференциала и другие крупные детали могут изготавливаться методом литья. Для повышения прочности отливок применяются различные методы литья под давлением, литья по выплавляемым моделям и другие.

Штамповка: Некоторые детали привода, такие как диски сцепления блокировки, могут изготавливаться методом штамповки. Штамповка обеспечивает высокую производительность и низкую себестоимость производства.

Сборка и контроль качества: Сборка привода осуществляется на автоматизированных линиях, обеспечивающих высокую точность и повторяемость. Контроль качества осуществляется на каждом этапе производства, с использованием современных измерительных приборов и методов неразрушающего контроля.

1.5 Системы управления и автоматизации

Электронные системы управления: В современных УБД часто используются электронные системы управления, которые позволяют регулировать степень блокировки дифференциала в зависимости от условий

движения. Эти системы используют данные от датчиков скорости вращения колес, угла поворота руля, положения дроссельной заслонки и других параметров.

Программное обеспечение: для управления УБД разрабатывается специализированное программное обеспечение, которое реализует алгоритмы перераспределения крутящего момента между колесами. Программное обеспечение должно быть надежным, быстрым и устойчивым к сбоям. [35]

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП): для оптимизации процессов производства, сборки и контроля качества используются САПР ТП, которые позволяют разрабатывать технологические маршруты, выбирать оборудование и инструменты, рассчитывать нормы времени и материалов.

Задача дифференциала заключается в распределении крутящего момента и скорости вращения колес при поворотах. Однако его главный недостаток — это ограничение мощности на колесе с большим сцеплением, что приводит к его буксованию на скользкой поверхности. «Схема работы дифференциала представлена на рисунке 1.» [3]

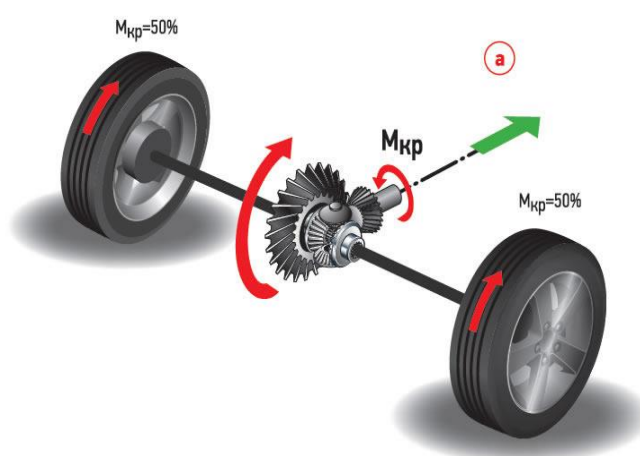


Рисунок 1 - Распределение крутящего момента дифференциалом

1.5.1 Дифференциалы повышенного трения

Выбор между электромагнитной и механической блокировкой дифференциала зависит от конкретных условий эксплуатации автомобиля, требуемых характеристик и бюджета. Электромагнитные блокировки предлагают более плавное и автоматизированное управление, но менее надежны и рассчитаны на меньшую мощность. Механические блокировки обеспечивают высокую надежность и мощность, но требуют более внимательного управления и могут оказывать негативное влияние на управляемость и износ деталей. [15]

Это позволяет достичь лучшего сцепления на скользких участках дороги, при этом не теряется управление автомобилем на поворотах. Примеры полузакрытых дифференциалов включают системы типа Torsen и Viscous, которые обеспечивают плавное и эффективное распределение крутящего момента. «Червячный дифференциал показан на рисунке 2.



Рисунок 2 - Червячный дифференциал повышенного трения Torsen»[25]

1.5.2 Полные (жесткие) блокировки

Полные блокировки дифференциала, или жесткие блокировки, работают на принципе «связывания» обоих колес на одной оси, обеспечивая 50/50 распределение крутящего момента. Это позволяет обоим колесам вращаться с одной и той же скоростью, что значительно увеличивает сцепление на сложных участках, таких как грязь, снег или песок. Такой тип

блокировки может быть полезен для внедорожных автомобилей, однако на асфальтированных дорогах такая система может приводить к ухудшению управляемости и увеличенному износу шин, особенно при прохождении поворотов. Дисковый дифференциал показан на рисунке 3.



«Рисунок 3 - Дисковый дифференциал

1.5.3 Трибология и смазочные материалы

Исследование трения и износа: для обеспечения надежной работы привода необходимо учитывать процессы трения и износа, происходящие в зубчатых зацеплениях и других узлах. Для этого проводятся трибологические исследования, позволяющие определить оптимальные материалы и смазочные материалы. [7]

Смазочные материалы: Выбор смазочного материала является критически важным для обеспечения долговечности и надежной работы привода. Используются специальные трансмиссионные масла, обладающие высокими противозадирными свойствами, устойчивостью к окислению и низкой температурой застывания.

Системы смазки: разрабатываются эффективные системы смазки, обеспечивающие подачу масла ко всем трущимся поверхностям. Могут

использоваться различные методы смазки, такие как разбрызгивание, циркуляционная смазка и смазка под давлением.

Пример вязкостной муфты показан на рисунке 4

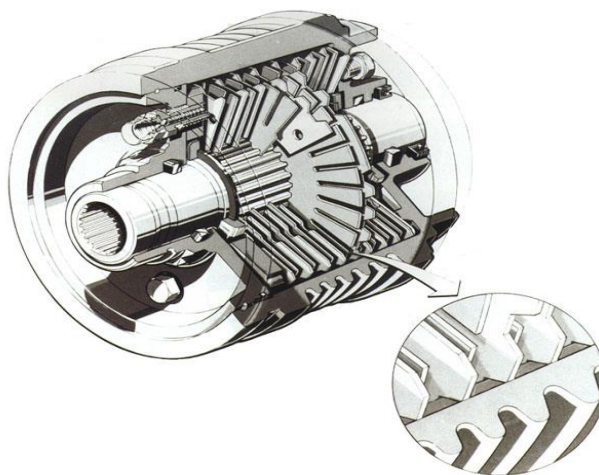


Рисунок 4 – Вискомуфта

1.5.4 Блокировка дифференциала типа «Электромагнит»

Принцип работы: В основе работы лежит электромагнитная муфта, расположенная внутри корпуса дифференциала. При подаче электрического напряжения на электромагнит создается магнитное поле, которое сжимает пакет фрикционных дисков. Эта сила сжатия передается на механизм блокировки, который частично или полностью блокирует вращение дифференциала. Степень блокировки регулируется изменением силы тока, подаваемого на электромагнит. [19]

Конструктивные особенности:

- Электромагнитная муфта состоит из катушки индуктивности, якоря и пакета фрикционных дисков;
- Блок управления получает сигналы от датчиков (например, скорости вращения колес, положения педали газа) и управляет подачей тока на электромагнит;
- Механизм блокировки представляет собой шестерни или кулачки, которые при активации электромагнитной муфты соединяют полуоси, блокируя вращение дифференциала.

Вывод:

Разработка приводов колёс автомобиля с УБД требует комплексного подхода, основанного на глубоком понимании современных технологий и применении передовых методов конструирования, материаловедения, производства и автоматизации. Постоянное совершенствование технологической базы является необходимым условием для создания эффективных, надежных и долговечных систем привода, отвечающих современным требованиям к автомобилям. Дальнейшее развитие в этой области связано с применением новых материалов, оптимизацией геометрии деталей, разработкой интеллектуальных систем управления и внедрением инновационных технологий производства. [40]

Современные технологии позволяют предлагать все более эффективные решения для повышения управляемости и безопасности легковых автомобилей, обогащая опыт вождения. Таким образом, данная работа направлена на исследование и реализацию эффективных решений в области автоматизации приводных систем автомобилей, что является важным шагом к улучшению конкурентоспособности отечественного автопрома и увеличению доверия потребителей к продукциям ЛАДА.

2 Тяговый расчет автомобиля

2.1 Общие положения

«Полная суммарная окружная (тяговая) сила P_p , развиваемая на ведущих колесах автомобиля, равна сумме полных окружных сил $P_{ко}$, отдельных колес; она затрачивается на преодоление сил сопротивления движению автомобиля на подъем (общий случай движения). Имеются следующие силы сопротивления: сила сопротивления качению колес P_f ; сила сопротивления воздуха P_w , сила сопротивления подъему P_i и сила инерции автомобиля P_j . Схема сил, действующих на автомобиль представлена на рисунке 5.

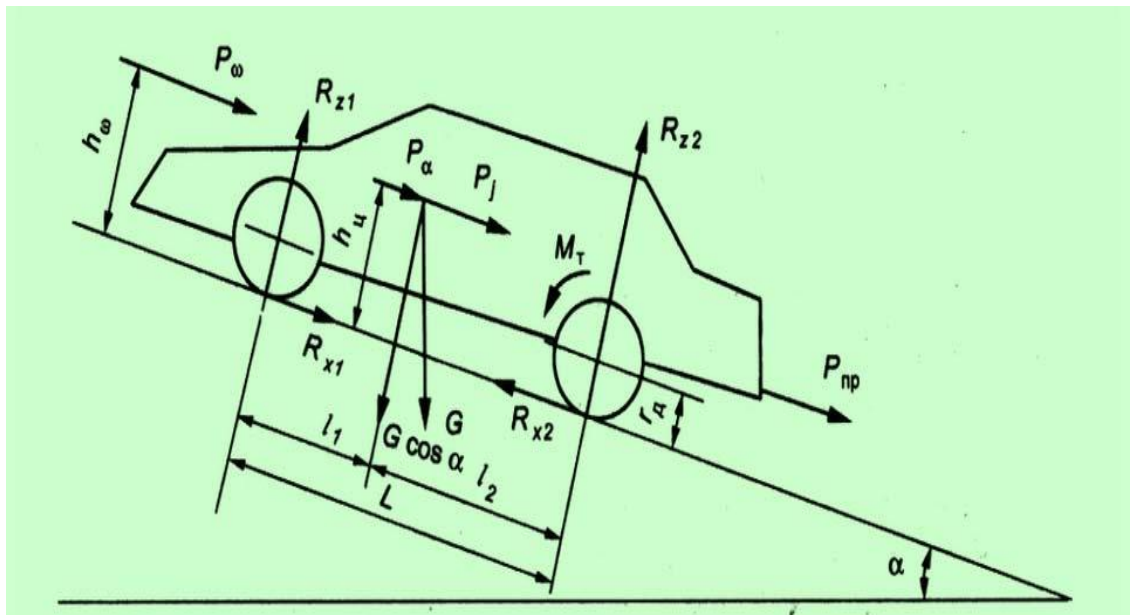


Рисунок 5 – Схема действия сил при прямолинейном»[2] «движении

Сила сопротивления качению P_f ; и сила сопротивления воздуха P_w , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему P_i и сила инерции P_j автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.»[16]

2.2 Масса автомобиля

«Масса сухого автомобиля m_c - масса автомобиля без снаряжения, т.е. без инструмента, запасного колеса, дополнительного оборудования (например, радиоприемника, кондиционера и др.) и заправки (топлива. Жидкого смазочного материала и воды). Сухая масса автомобиля включает массу жидкости в амортизаторах, смазочного материала в агрегатах и шарнирах, а также электролита в аккумуляторной батарее.

Масса снаряженного автомобиля m_0 - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[20]

«Полная масса m_a - суммарная масса снаряженного автомобиля, полезной нагрузки (m_r), снаряжения, водителя и пассажиров.

Масса автомобильного поезда ($m_{a,n}$) – суммарная полная масса тягача,»[9] и прицепа (полуприцепа). Полную массу легкового автомобиля можно найти по формуле:

$$m_a \cdot = m_0 + m_q \cdot n + m_b \quad (1)$$

где m_q - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают $m_q = 75$ кг; n – число мест для сидения пассажиров; m_b - масса багажа.

В «число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира,»[3] «легковых автомобилей принимают равной 10 кг на одного человека.

2.3 Силы сопротивления движению автомобиля

Сила сопротивления качению (P_t). Эта сила вызывается деформацией шин и дороги. При движении же по жесткой дороге она определяется потерей на трение в шинах, что уже было выяснено выше. Сила сопротивления качению автомобиля P_t определяется по выражению:

$$P_t = \sum Z_{Ki} = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha \approx f \cdot G_a \quad (2)$$

где Z_K - сумма радиальных реакций, действующих на колеса автомобиля.[16]

При движении автомобиля по горизонтальной плоскости сумма [1] «радиальных реакций $\sum Z_{Ki}$ равна весу автомобиля G_a автомобиля. При этом

$$P_t = f \cdot G_a \cdot \quad (3)$$

При движении автомобиля в гору или под гору сумма радиальных реакций $\sum Z_{Ki}$ равна весу G_a автомобиля, умноженному на $\cos \alpha$, где α – угол наклона дороги к горизонтали. При этом:

$$P_t = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Методы экспериментального определения коэффициента f сопротивления качению автомобильного колеса были описаны выше.

2.4 Сила сопротивления воздуха

Сила сопротивления воздуха P_w , получающаяся при движении автомобиля, обуславливается следующими причинами: во-первых, встречные частицы воздуха давят на переднюю часть автомобиля; во-вторых, при движении автомобиля сзади него образуется некоторое разрежение; в-третьих, частицы воздуха трутся о поверхность автомобиля, тем самым создавая также некоторую силу сопротивления движению. [38]

На основании многочисленных опытов, проведенных для определения силы сопротивления воздуха движению в нем какого-либо тела, сила P_w может быть выражена при помощи уравнения:

$$P_w = C_x \cdot \rho \frac{v^2}{2} \cdot A_B \quad (5)$$

где v – скорость движения тела;

C_x – коэффициент, зависящий от формы тела и качества поверхности;

ρ – плотность воздуха;

A_B – площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению его движения, или лобовая площадь сопротивления.

Так как в средних условиях эксплуатации автомобиля плотность воздуха ρ может быть принята постоянной (если не учитывать работы автомобиля в»[1] «горных местностях), то произведение $C_x \rho$ объединяется одним коэффициентом K . Таким образом,

$$P_w == K \cdot F \cdot v^2 \quad (6)$$

где v – скорость движения автомобиля, выраженная в м/сек; [5]

F – площадь проекции автомобиля в направлении его движения, выраженная в m^2 ;

K – коэффициент сопротивления воздуха.

Согласно уравнению (19), коэффициент сопротивления воздуха K представляет собой силу, выраженную в килограммах и приходящуюся на квадратный метр площади F лобового сопротивления при скорости движения автомобиля 1 м/сек.

Так как скорость v входит в уравнение (19) в квадрате, то коэффициент K имеет размерность в $кг \cdot сек^2 / м^4$.

Примем $KF = W$, при этом

$$P_w == W \cdot v^2 \quad (7)$$

где W – фактор сопротивления воздуха, зависящий как от абсолютного размера автомобиля (площадь лобового сопротивления), так и от его формы (коэффициент K).

Коэффициент сопротивления воздуха K в основном зависит от формы автомобиля и его обтекаемости. Автомобили обтекаемой формы имеют меньшее сопротивление воздуха движению, чем автомобили с кузовом, имеющим резкие углы. [27]

Площадь проекции автомобиля в направлении его движения (лобовая площадь) приближенно может быть принята равной произведению колеи и высоты автомобиля. Получающаяся при этом ошибка не превосходит 3-5 %.

Кроме сопротивления поступательному движению автомобиля, воздух оказывает еще сопротивление вращению колес. Эта величина является сравнительно малой по отношению к сопротивлению воздуха поступательному движению автомобиля и поэтому может быть учтена»[1] «небольшим увеличением коэффициента сопротивления воздуха K в уравнении (19).

Выше предполагалось, что автомобиль движется в спокойной среде. При наличии ветра в уравнении (19) должна быть введена относительная скорость автомобиля. При встречном ветре скорость v , входящая в уравнение (19) определяется как сумма $v + v_l$, при попутном ветре – как разность $v - v_l$, где v_l – скорость ветра. [35]

Коэффициент сопротивления воздуха K для заданной формы автомобиля определяется экспериментально – чаще всего при помощи продувки небольшой модели этого автомобиля в аэродинамической трубе. При продувке в трубе модели автомобиля с точки зрения соответствия опыта действительным условиям работы автомобиля получается следующая неточность. При своем движении по дороге автомобиль имеет снизу неподвижную твердую поверхность – дорогу. Очевидно, это же условие необходимо сохранить и при продувке модели автомобиля в аэродинамической трубе. Если установить модель автомобиля непосредственно в середине трубы таким образом, чтобы пространство окружало ее со всех сторон, то образование воздушных вихрей будет не тождественно тому, которое имеет место в условиях движения автомобиля по дороге. Для получения условий, более соответствующих действительности, в аэродинамической трубе обычно устанавливаются две совершенно одинаковые модели, причем одна из них опрокидывается относительно другой. На рисунке 6 представлен процесс обтекания кузова автомобиля потоками при продувке в аэродинамической трубе. Благодаря этому одинаковые воздушные вихри, возникающие от каждой модели, дают, между ними как бы плоскость раздела, соответствующую плоскости дороги.

Однако точных результатов здесь все же получиться не может, так как не будет полного единообразия вихрей от верхней и нижней моделей.»[2], [23]

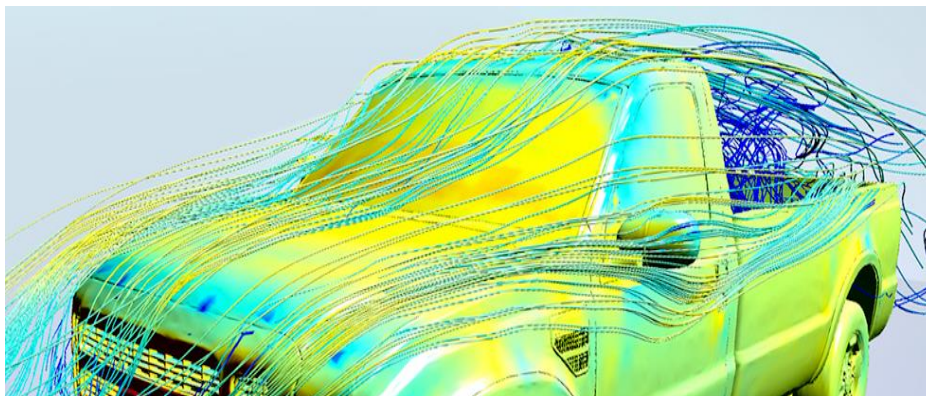


Рисунок 6 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха K колеблется примерно от 0,025 до 0,04, а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07 $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$. Фактор же сопротивления воздуха W для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3 $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$.

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности. [12]

Ввиду того, что автомобиль имеет симметричную форму, центр парусности расположен в плоскости симметрии автомобиля. Высота h_w приложения силы P_w имеет определенное значение в отношении устойчивости автомобиля на высоких скоростях движения. Чем выше расположен центр парусности, т.е. чем больше отрезок h_w , тем на большую величину облегчается передняя часть автомобиля при большей скорости его движения, что может в отдельных случаях повести к потере автомобилем

управления. Кроме того, повышение центра парусности при боковом ветре заметно снижает устойчивость автомобиля против бокового заноса.

Высота h_w приложения силы P_w сопротивления воздуха определяется»[2] «при помощи продувки модели автомобиля в аэродинамической трубе. При этом определяется момент M , поворачивающий одну из моделей автомобиля около оси, проходящей через точки опоры задних колес. Высота равна отношению этого момента к силе P_w . Весьма большое влияние на сопротивление воздуха (как представлено на рисунке 7), оказывает форма автомобиля.

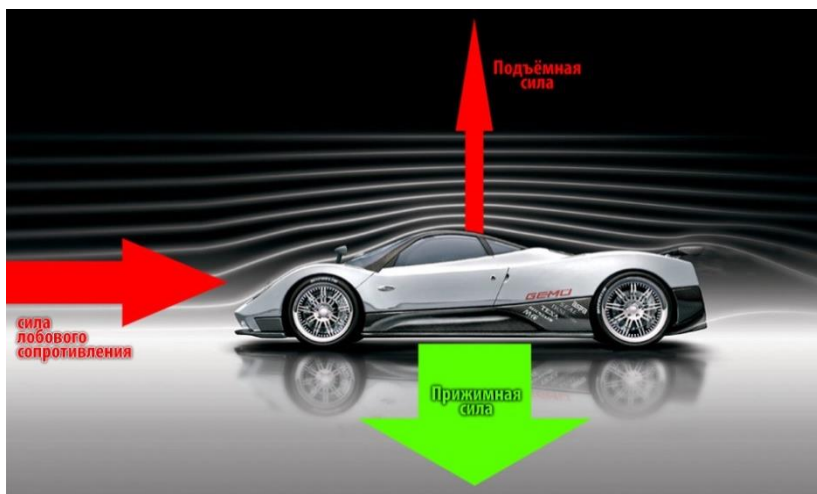


Рисунок 7 – Обтекание кузова потоками воздуха

Наилучшая (с точки зрения сопротивления воздуха) форма автомобиля отличается от формы воздухоплавательного аппарата – симметричной сигарообразной формы. Это объясняется тем, что условия воздухоплавательного аппарата, с одной стороны, и автомобиля, - с другой, не являются тождественными. В то время как первый движется в однородной среде, последний движется по твердой неподвижной поверхности – дороге. Воздух, попадая в пространство между кузовом автомобиля и дорогой и не имея возможности расширяться в сторону дороги, приобретает значительные вихревые движения и вызывает дополнительное сопротивление. [13]

Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие части,»[1] «как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наивыгоднейшая в смысле «автомобильная» форма, которая с нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле. [29]

2.5 Сила сопротивления подъему

Сила сопротивления подъему P_i зависит от веса автомобиля и от угла подъема (рисунок 1). Она определяется из выражения:

$$P_i = G_a \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

где α - угол подъема.

Принимая $\sin \alpha = i$, получим:

$$P_i = G_a \cdot i \quad (9)$$

Суммарная сила P_{f+i} , затрачиваемая на преодоление сопротивления качению и подъема, определится из выражения:

$$P_{f+i} = P_f + P_i = G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha = G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (10)$$

Если пренебречь влиянием изменения реакции, нормальной к дороге, на силу сопротивления качению, т.е. принять $\cos \alpha$ равным единице, то выражение для суммарной силы P_{f+i} примет вид:

$$P_{f+i} = G \cdot (f + \sin \alpha) \quad (11)$$

Такое значение для суммарной силы сопротивления качению и подъему будет использоваться в дальнейшем. Результаты подсчета по упрощенному и полному выражениям мало отличаются между собой.

Приняв сумму $f + \sin \alpha = \psi$, получим: »[1]

$$P_{f+i} = P_{\psi} = (f + i) \cdot G_a = \psi \cdot G_a \quad (12)$$

где ψ – «коэффициент сопротивления дороги, учитывающий силу, затрачиваемую на преодоление сопротивления качению и подъема ($\psi = f + \sin \alpha$).»[39]

2.6 Сила инерции автомобиля

«Эта сила затрачивается на ускорение поступательно движущейся массы автомобиля M , равной G/g .

где g – ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/сек}^2$, и на ускорение вращательного движения свободных (ведомых) колес автомобиля.

Обозначая ускорение автомобиля производной $\frac{d\omega}{dt}$, получим выражение для силы P_j , затрачиваемой на ускорение поступательно движущейся массы автомобиля:

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \frac{d\omega}{dt} \quad (13)$$

Момент, затрачиваемый на ускорение вращения деталей двигателя, трансмиссии и ведущих колес автомобиля, учитывается соответствующим уменьшением величины вращающего момента на ведущих колесах, в связи с»[1] «чем полная суммарная окружная сила P_p , развиваемая на ведущих колесах автомобиля,»[3] «расходуется лишь на ускорение вращения ведомых колес и на ускорение поступательно движущейся массы автомобиля. Момент, затрачиваемый на ускорение ведомых колес автомобиля, определяется из выражения $2J_{r1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где J_{kl} – момент инерции колеса относительно его оси, $\frac{d\omega_K}{dt}$, - угловое ускорение колеса. [15]

Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна $2 \frac{1}{r_K} J_{r1} \frac{d\omega_K}{dt}$, где r_K - радиус качения колес. »[2]

«Угловое ускорение колеса $\frac{d\omega_K}{dt}$ может быть выражено через линейное ускорение автомобиля $\frac{d\omega}{dt}$. Принимая радиус качения r_K примерно постоянным, получаем: $v = r_K \cdot \omega_K$; $\frac{d\omega_K}{dt} = \frac{1}{r_K} \cdot \frac{dv}{dt}$.

В результате сила P_j , инерции автомобиля определится из выражения (без учета влияния вращающихся деталей двигателя и трансмиссии автомобиля). [22]

$$P_j = \left(\frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_K^2} \cdot J_{K1} \right) \frac{d\omega}{dt} \quad (14)$$

Результаты определения сил, действующих в трансмиссии, представлены в виде таблиц и графиков.

Вывод:

Кривые показывают зависимость механического к.п.д. η_K коробки передач от числа оборотов n_m при постоянной нагрузке в 10 кгм и при двух значениях температуры масла (трансмиссионного) - 30 и 70°. Из графика видно, что к.п.д. η_K коробки передач заметно увеличивается с повышением температуры масла, что обусловливается уменьшением потери на взбалтывание масла. »[2]

3 Проектирование устройства блокирования дифференциала

3.1 Требования к конструкции привода колес автомобилей

Конструкция привода колес автомобилей играет ключевую роль в обеспечении их надежности, эффективности и безопасности. Привод может быть представлен как передним, так и задним. Основные требования к конструкции привода колес включают механическую прочность, устойчивость, эффективность передачи мощности, защиту от внешних воздействий, а также возможность обслуживания и ремонта. [4]

Механическая прочность

Конструкция привода должна обеспечивать достаточную механическую прочность для восприятия статических и динамических нагрузок, которые возникают в процессе движения. Это связано с:

- Работой двигателя и передачей крутящего момента на колеса;
- Условиями эксплуатации (как асфальтированные дороги, так и бездорожье);
- Учетом возможных аварийных ситуаций и резких маневров.

Металл и другие материалы, используемые в конструкции, должны иметь высокие механические свойства и износостойкость.

Устойчивость и управление

Привод должен обеспечивать:

- Стабильное сцепление колес с дорогой при различных климатических условиях (дождь, снег, лед);
- Надежное управление автомобилем при различных скоростях и маневрах (повороты, торможение);
- Минимизацию эффекта сцепления при потере управления или скольжении колес.

Эффективность передачи мощности

Конструкция привода должна обеспечивать максимальную передачу мощности от двигателя к колесам:

- Минимизация потерь энергии при передаче, что подразумевает использование эффективных механизмов (редукторов, муфт и т.д.);
- Оптимизация передаточных отношений для достижения лучшей производительности и расхода топлива;
- Возможность регулировки характеристик привода в зависимости от условий эксплуатации.

Защита от внешних воздействий

Важно, чтобы конструкция привода была защищена от воздействий окружающей среды: [6]

- Устойчивость к коррозии и разрушению (например, защита от влаги, пыли и грязи);
- Использование защитных кожухов, уплотнителей и других элементов, предотвращающих попадание воды и грязи в механизмы;
- Наличие систем охлаждения, если это необходимо (например, для трансмиссий).

Удобство обслуживания и ремонта

Для обеспечения долговечности и надежности системы привода, конструкция должна предусматривать:

- Легкий доступ к основным компонентам для проведения обслуживания и ремонта;
- Возможность замены элементов без полной разборки системы;
- Предусмотренные места для установки диагностического оборудования.

Безопасность дорожного движения является приоритетной задачей при проектировании любого автомобиля. Конструкция привода колес, являясь одной из ключевых систем, напрямую влияет на управляемость, устойчивость и, следовательно, безопасность транспортного средства. Внедрение устройств блокировки дифференциала (УБД) в конструкцию

привода, с одной стороны, значительно повышает проходимость и улучшает тяговые характеристики автомобиля, особенно в сложных дорожных условиях. С другой стороны, некорректная конструкция или неправильная эксплуатация УБД может негативно повлиять на управляемость, приводя к непредсказуемому поведению автомобиля и повышая риск аварийных ситуаций.

Вопросы безопасности при проектировании привода колес с УБД включают в себя обеспечение надежности и долговечности конструкции, предотвращение самопроизвольной блокировки или разблокировки дифференциала, а также обеспечение стабильной управляемости автомобиля в различных режимах работы УБД. Необходимо учитывать влияние блокировки дифференциала на тормозные характеристики автомобиля, особенно при работе антиблокировочной системы (ABS) и системы стабилизации (ESP). Также важна эргономика системы управления блокировкой, обеспечивающая интуитивно понятное и безопасное использование. [18]

Данный обзор посвящен вопросам безопасности конструкции привода колес автомобиля с УБД. Будут рассмотрены основные факторы, влияющие на безопасность, методы обеспечения надежности конструкции, а также влияние различных типов УБД на управляемость и тормозные характеристики автомобиля. Цель обзора – определить ключевые аспекты, которые необходимо учитывать при проектировании привода колес с УБД для обеспечения максимальной безопасности дорожного движения.

В «основном в автомобилях используются три типа трансмиссий:

Передний привод (FWD): В этой конфигурации мощность двигателя передается в основном на передние колеса. Передний привод обычно встречается в компактных автомобилях, седанах и многих других транспортных средствах массового спроса. Трансмиссии FWD обеспечивают хорошую тягу и эффективность, а также компактную и легкую конструкцию. [8]

Задний привод (RWD): При заднем приводе мощность двигателя передается на задние колеса. В этой конфигурации двигатель располагается продольно, а трансмиссия обычно подключается непосредственно к задней оси. Такая компоновка обеспечивает лучшее распределение веса, улучшенную управляемость и более сбалансированное вождение. »[15]

«Полный привод (AWD)/полный привод (4WD): Трансмиссии AWD и 4WD передают мощность на все четыре колеса автомобиля. Системы AWD обычно используются в кроссоверах-внедорожниках, а системы 4WD - в грузовиках и внедорожниках, предназначенных для бездорожья.»[11]

3.2 Техническое предложение на разработку конструкции

«Для выработки концепции конструкции рассмотрим варианты существующих приводов для колес, предлагаемые на рынке. Поиск проведем в поисковых системах Google и Яндекс.»[3] Схема, представленная на рисунке 8, показывает существующие разновидности шарниров.

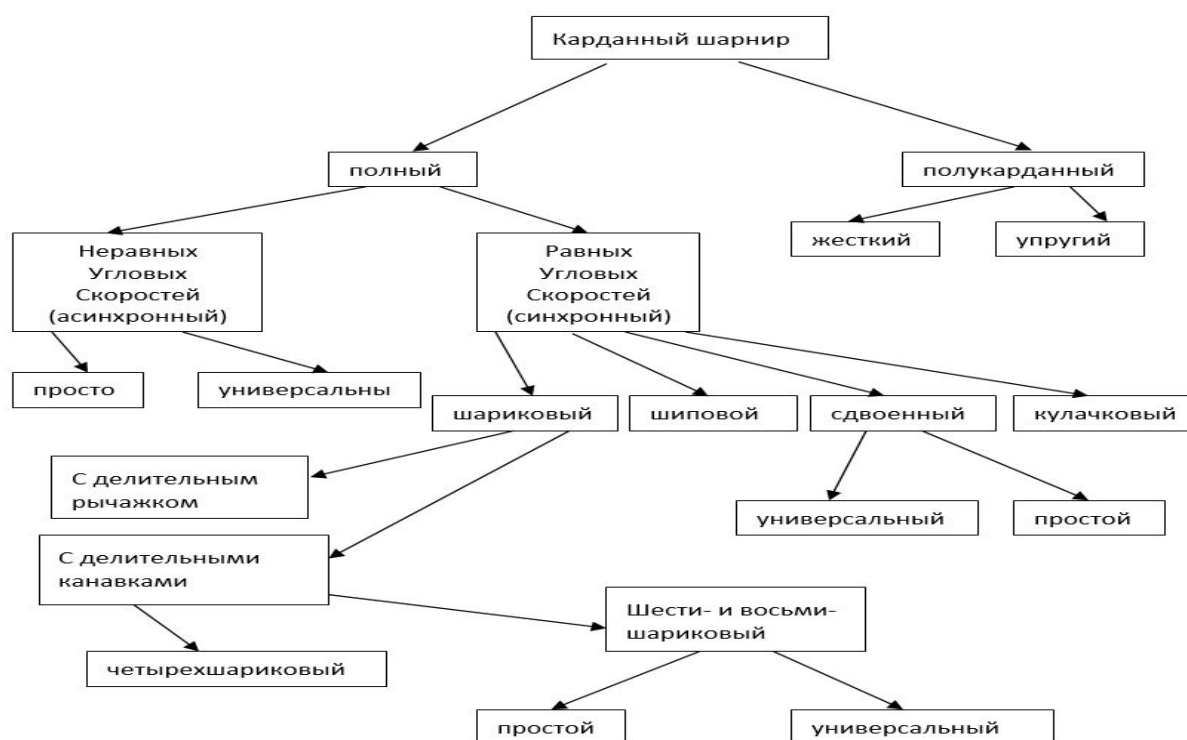


Рисунок 8 - Классификация карданных шарниров

«Привод на передние колеса (FWD):

В системе переднего привода мощность двигателя в первую очередь передается на передние колеса. К основным компонентам системы переднего привода относятся: [10]

Поперечно установленный двигатель: В автомобилях с полным приводом двигатель обычно устанавливается сбоку, при этом коленчатый вал выровнен параллельно передней оси.

Коробка передач: Коробка передач объединяет функции трансмиссии и главной передачи в единое целое. Он состоит из коробки передач, которая передает мощность от двигателя на передние колеса.

Полуоси: Коробка передач соединяется с передними колесами через полуоси (также известные как ведущие мосты). Эти валы передают мощность от коробки передач на передние колеса, позволяя им поворачиваться для управления рулем.

Шарниры с постоянной скоростью вращения (CV-шарниры): CV-шарниры используются на концах полуосей для обеспечения движения подвески вверх-вниз при сохранении постоянной скорости вращения. Они обеспечивают гибкость и плавную передачу мощности.

Виды карданных шарниров показаны на рисунках 9, 10, 11, 12.

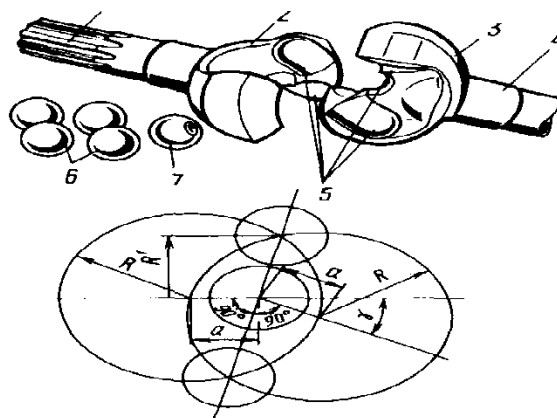


Рисунок 9 – Шарнир равных угловых скоростей»[11]

«Задний привод (RWD):

В системе заднего привода мощность двигателя передается на задние колеса. Исторически RWD был доминирующей конфигурацией трансмиссии, особенно в более крупных транспортных средствах и спортивных автомобилях. Вот ключевые компоненты системы заднего привода:

Двигатель, установленный в продольном направлении: В автомобилях с полным приводом двигатель обычно устанавливается в продольном направлении, при этом коленчатый вал расположен перпендикулярно передней оси. Такая компоновка обеспечивает лучшее распределение веса и управляемость. [21]

Компоновка трансмиссии автомобиля с устройством блокировки дифференциала представляет собой значительный инженерный вызов, поскольку требует интеграции сложных механических, гидравлических и электронных компонентов. Традиционные схемы трансмиссий, разработанные для пассивного распределения крутящего момента, не способны обеспечить необходимую гибкость и скорость реакции для эффективной работы устройства блокировки дифференциала. Поэтому, при проектировании автомобиля с устройством блокировки дифференциала необходимо тщательно продумать структуру трансмиссии, учитывая не только мощность и крутящий момент двигателя, но и алгоритмы управления системой блокировки дифференциала, а также специфические требования к надежности и долговечности.

В данном контексте, будут рассмотрены различные варианты компоновки трансмиссий автомобилей с УБД, акцентируя внимание на их преимуществах и недостатках, а также на влиянии выбранной компоновки на характеристики управляемости и безопасности автомобиля. Кроме того, будет проанализирована эволюция систем блокировки дифференциала и их интеграция в трансмиссии различных типов автомобилей, от спортивных купе до внедорожников, с целью выявления тенденций и перспектив развития данного направления.

Шаровой шарнир является основным звеном для переднеприводных автомобилей. Как уже упоминалось выше, нынешний ШРУС - это шаровой шарнир, поэтому если рассмотреть его конструкцию чуть подробнее, то в основе конструкции шарового шарнира лежит принцип сухого хода, то есть элементы шарнира не находятся в масле, в отличие от заднего моста, а покрыты специальной смазкой, например, Tez Soliddle. На первый взгляд, конструкция шарнироподобного узла подвески может создать впечатление сложности, но это не так, механизм довольно прост, а стандартные для передней подвески ШРУСы обеспечивают оптимальную работу механизма. Он состоит из четырех элементов, первым является корпус шарнира, он выполнен в виде округлой чашки, которая крепится к приводному валу автомобиля.»[12]



«Этот тип ШРУСа также называют шаровым шарниром, поскольку шарики расположены внутри обоймы звена передней подвески. Конструкция типичного звена карданного вала очень проста и очень плавна в работе, что позволяет автомобилю двигаться очень плавно, без колебаний и вибраций. По сравнению с карданными передачами, которые не обладают такой плавностью в работе, исправный ШРУС всегда будет работать плавно. [33]

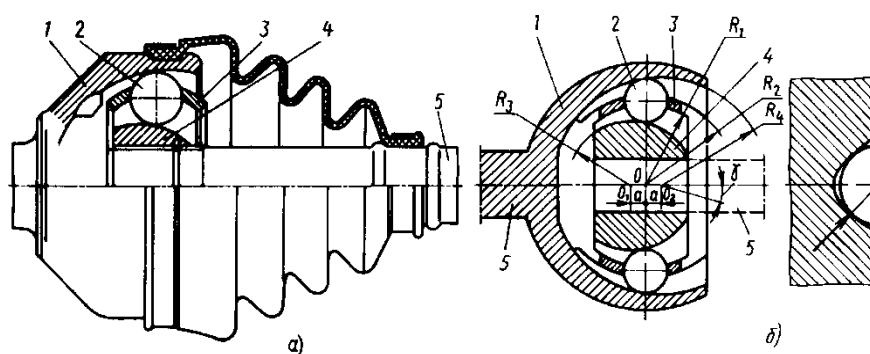


Рисунок 11 - Карданный шарнир типа "Бирфильд"

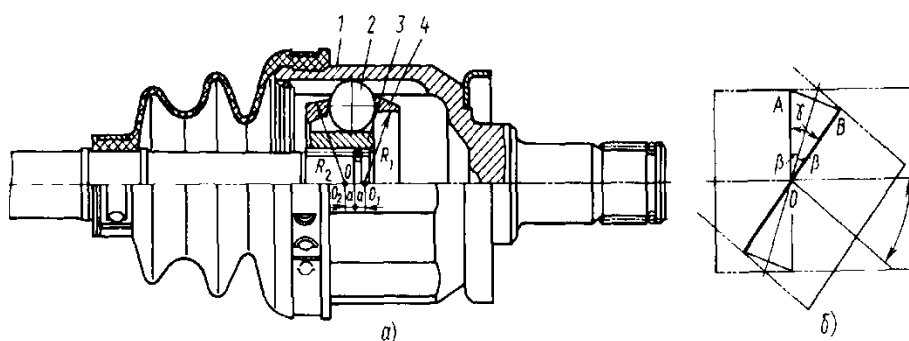


Рисунок 12 - Карданный шарнир типа "ГНК"

Переднеприводные модели с дополнительной главной передачей в конструкции коробки передач не нуждаются в изменении угла направления, поэтому траектория движения параллельна.

Многие грузовики используют двухступенчатую коробку передач. Удивительно, но конструкция бывает разной,»[12] «но наиболее

распространенной является так называемая центральная конструкция коробки передач, в которой используется центральная коробка передач и два (горизонтальных) колеса. Такая конструкция позволяет значительно увеличить крутящий момент на колесах и, следовательно, тяговое усилие.

Особенностью этой коробки передач является то, что вращение равномерно распределяется между двумя ведущими колесами. На прямой это нормально, но при повороте колеса на одной оси проходят разные расстояния,»[2] «и скорость пары необходимо менять. В этой части системы в конструкции коробки передач (установленной на инерционных шестернях) используется дифференциальная функция. В результате главная коробка передач передает вращение приводных элементов не напрямую, а через дифференциал.»[11]

«Главная передача различается по типу и расположению зубчатых колес.

К основным типам передач относятся конические и гипоидные, одинарные, двойные, цилиндрические и червячные, центральные и двухдисковые, двухступенчатые и двухступенчатые.

Описаны основные характеристики основных типов зубчатых передач и схемы сцепления зубьев. К типам зубчатых передач, используемых в основном в автомобилях, относятся:

- Цилиндрический;
- Конический;
- Гипоидный;
- Червячный.

Цилиндрические шестерни используются в главных передачах и переднеприводных автомобилях. В коробках передач этого типа нет необходимости менять направление вращения. Шестерня представляет собой диагональную или шевронную передачу. [25]

Передаточное число такой коробки передач колеблется от 3,5 до 4,2. Более высокие передаточные числа не используются,»[2] так как они требуют больших шестерен и связаны с повышенным шумом при работе.

Конические, косозубые и червячные передачи используются в тех случаях, когда «направление вращения необходимо изменить простым изменением передаточного числа.

Конические шестерни часто используются в грузовиках. Их характеристики ограничиваются тем, что валы шестерен пересекаются, т.е. находятся на одной высоте. В таких передачах используются диагональные или загнутые зубья. Этот тип коробок передач не используется в легковых автомобилях из-за больших размеров и высокого уровня шума.

Простые главные передачи — это главные передачи, используемые в легковых автомобилях и легких грузовиках. Гипоидные главные передачи имеют ряд важных преимуществ перед коническими главными передачами, таких как повышенное контактное напряжение, более плавная работа и более тихая работа, и широко используются.»[11] «Использование гипоидных главных передач обусловлено наличием гипоидного смещения E , что является фактором, увеличивающим возможности компоновки.

Конструкция главной передачи с приводом от колеса состоит из пары косозубых шестерен. Ведущая шестерня выполнена в виде приводного вала для запуска передачи, а шестерня выполнена в виде конической шестерни,»[3] «которая крепится болтами к фланцу дифференциала.

Конический дифференциал имеет две сателлитные шестерни, установленные на валу и удерживаемые в корпусе дифференциала стопорными кольцами. В деталях с канавками лучшая смазка достигается на поверхностях, контактирующих друг с другом, в частности, на поверхности сателлитов и поверхности детали.

Центральная шестерня вала расположена на конце шайбы, а осевое смещение всех шестерен является неселективным, т.е. нерегулируемым, по толщине и не должно превышать 0,1 мм. »[12]

«В качестве опоры в корпусе дифференциала используются конические ролики, нагрузка на которые также регулируется подбором толщины регулировочного кольца.

Типы блокировки дифференциала

Блокировка дифференциала — это дополнительное конструктивное решение, которое может компенсировать его основной недостаток.»[3]
«Дифференциал с ограниченным скольжением обеспечивает безопасное маневрирование и комфорт на сухой, неровной или скользкой поверхности, но при этом может полностью обездвижить автомобиль. Чтобы избежать этого, необходимо ограничить функции устройства или вообще лишить его возможности работать» [12] в течение определенного периода времени. «Однако, поскольку существует большое разнообразие методов блокировки дифференциала, следует рассмотреть основные из них по очереди. »[11], [4]

3.3 Подбор основных элементов конструкции

3.3.1 Определение базовых размеров конструкции

Обзор по теме: определение базовых размеров конструкции дифференциала и привода колес легкового автомобиля

В конструкции легкового автомобиля дифференциал и привод колес играют ключевую роль в обеспечении передачи крутящего момента от трансмиссии к ведущим колесам с возможностью их различной частоты вращения. Правильное определение базовых размеров этих узлов является основополагающим этапом проектирования, влияющим на надежность, эффективность и долговечность работы трансмиссии. [26]

Роль дифференциала и привода колес.

Дифференциал предназначен для распределения крутящего момента между ведущими колесами с учетом разницы их угловых скоростей при прохождении поворотов и движении по неровностям дороги. Привод колес

включает в себя элементы трансмиссии, такие как полуоси, шестерни и муфты, обеспечивающие передачу вращения непосредственно на колеса.

Определение базовых размеров конструкции дифференциала

Базовые размеры дифференциала — это ключевые геометрические параметры, от которых зависят компоновка, прочность и функциональность узла. К ним относятся:

- Диаметры основных шестерен (коронной и ведущей), определяющие передаточное отношение и габаритные размеры дифференциала.
- Межосевое расстояние шестерен, влияющее на правильность зацепления и износостойкость зубьев.
- Размеры корпуса дифференциала, обеспечивающие монтаж всех внутренних элементов и достаточный запас прочности.
- Пространственные параметры размещения сателлитов и полуосевых шестерен, влияющие на плавность работы и равномерность распределения нагрузки.

Определение этих размеров осуществляется на основе технических требований к передаточному числу, максимальному крутящему моменту, условиям эксплуатации и стандартизированных расчетов прочности и износа.

Определение базовых размеров привода колес

Привод колес включает полуоси, шрусы (шарниры равных угловых скоростей) и соединительные элементы. Основные базовые размеры привода:

- Длина и диаметр полуосей, которые должны обеспечивать необходимую прочность и жесткость при минимальном весе.
- Размеры и типы шрусов, определяющие угол поворота и диапазон движения подвески.
- Габариты крепежных и уплотнительных элементов, обеспечивающих надежность соединений и защиту от загрязнений.

Выбор размеров привода основан на анализе динамических нагрузок, условий работы в подвеске и требованиях к долговечности.

Методы определения размеров

Определение базовых размеров конструктивных элементов дифференциала и привода колес включает:

- Теоретические расчёты, основанные на механике и материалах, с учётом нагрузок и условий эксплуатации. [36]

Конструкция привода колес представлена на рисунке 13.

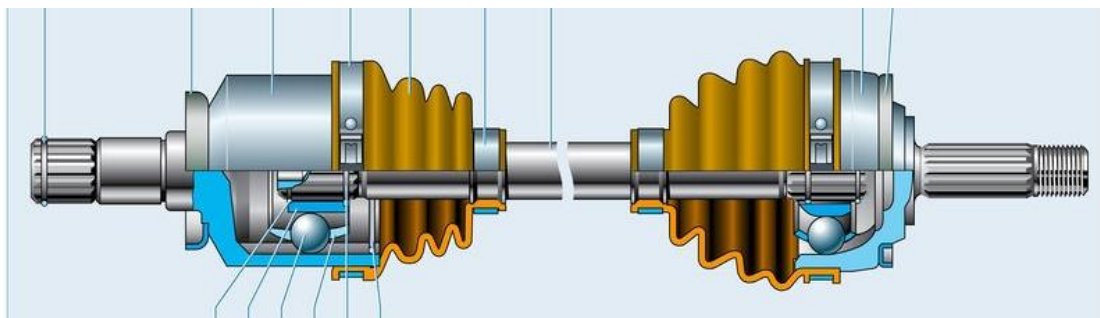


Рисунок 13 – Шарниры вала привода колеса

Правильный выбор размеров способствует увеличению ресурса работы, снижению веса и улучшению динамических характеристик автомобиля.

3.3.2 Выбор параметров дифференциала автомобиля LADA Гранта

При проектировании дифференциала для легкового автомобиля LADA Гранта основная задача состоит в обеспечении надежной и эффективной передачи крутящего момента от трансмиссии к ведущим колесам с возможностью компенсации разницы в их угловых скоростях при движении по криволинейной траектории. Выбор параметров дифференциала должен учитывать эксплуатационные условия автомобиля, технические характеристики силового агрегата и требования к управляемости и проходимости.

1. Определение основных требований

Для LADA Гранта, как автомобиля класса В с передним приводом, дифференциал должен обеспечивать:

- Передачу крутящего момента, соответствующую мощности и крутящему моменту двигателя (максимум около 106 л.с. и 140 Н·м соответственно).

- Надежную работу при типичных дорожных условиях, включая асфальтированные дороги и легкое бездорожье.

- Возможность интеграции устройства блокировки дифференциала для повышения проходимости и устойчивости на скользких покрытиях.

- Компактность и минимальный вес для сохранения общей массы автомобиля.

2. Выбор типа дифференциала

Для LADA Гранта оптимальным является классический зубчатый дифференциал с возможностью установки механизма блокировки (механического или электронного типа). Такой дифференциал обеспечивает простоту конструкции, надежность и сравнительно низкую стоимость.

3. Расчет базовых геометрических параметров

- Передаточное отношение

Передаточное число главной передачи в трансмиссии LADA Гранта обычно составляет около 3,9–4,1. Дифференциал должен быть рассчитан на передачу крутящего момента с учетом этого значения для обеспечения оптимального крутящего момента на колесах и эффективного расхода топлива. [29]

- Диаметры шестерен

Диаметр коронной шестерни выбирается исходя из нагрузки и требуемой прочности зубьев. Для LADA Гранта типичный диаметр коронной шестерни находится в диапазоне 180–200 мм, что обеспечивает достаточный запас прочности при передаче крутящего момента.

- Межосевое расстояние шестерен

Для корректного зацепления и снижения износа зубьев межосевое расстояние подбирается в пределах 85–95 мм, в зависимости от выбранных размеров шестерен и компоновочных ограничений.

4. Выбор параметров устройства блокировки

- Тип блокировки

Для LADA Гранта наиболее распространена механическая блокировка дифференциала с кулачковым или фрикционным механизмом, позволяющая вручную или автоматически фиксировать дифференциал в заблокированном состоянии.

- Усилие срабатывания

Параметры пружин и управляющих элементов подбираются так, чтобы блокировка включалась при пробуксовке колес, но при этом не вызывала повышенного износа трансмиссии и не ухудшала управляемость на обычных дорогах.

- Расположение и габариты

Устройство блокировки должно вписываться в габариты корпуса дифференциала без значительного увеличения массы и объема.

5. Материалы и технологические требования

- Шестерни и корпус изготавливаются из закаленной стали с высокой износостойкостью.

- Поверхности зубьев подвергаются шлифовке и термообработке для повышения ресурса.

- Все детали должны соответствовать стандартам АвтоВАЗа по «надежности и долговечности».

6. Дополнительные параметры

- Допустимые зазоры между зубьями и подшипниками выбираются с учетом температурных расширений и обеспечения плавного хода.

- Смазка дифференциала подбирается из ассортимента трансмиссионных масел, рекомендованных для LADA Гранта, с учетом условий эксплуатации. »[38]

Выбор параметров дифференциала для автомобиля LADA Гранта осуществляется на основе анализа технических характеристик автомобиля и условий эксплуатации. Оптимальное сочетание размеров, материалов и

конструктивных решений позволяет обеспечить надежную работу, долговечность и улучшенную проходимость автомобиля за счет эффективной работы устройства блокировки дифференциала. Внедрение выбранных параметров способствует повышению эксплуатационных качеств и безопасности движения.

3.3.3 Выбор необходимого привода

При проектировании дифференциала для легкового автомобиля LADA Гранта основная задача состоит в обеспечении надежной и эффективной передачи крутящего момента от трансмиссии к ведущим колесам с возможностью компенсации разницы в их угловых скоростях при движении по криволинейной траектории. Выбор параметров дифференциала должен учитывать эксплуатационные условия автомобиля, технические характеристики силового агрегата и требования к управляемости и проходимости. [31]

1. Определение основных требований

Для LADA Гранта, как автомобиля класса В с передним приводом, дифференциал должен обеспечивать:

- Передачу крутящего момента, соответствующую мощности и крутящему моменту двигателя (максимум около 106 л.с. и 140 Н·м соответственно).
- Надежную работу при типичных дорожных условиях, включая асфальтированные дороги и легкое бездорожье.
- Возможность интеграции устройства блокировки дифференциала для повышения проходимости и устойчивости на скользких покрытиях.
- Компактность и минимальный вес для сохранения общей массы автомобиля.

2. Выбор типа дифференциала

Для LADA Гранта оптимальным является классический зубчатый дифференциал с возможностью установки механизма блокировки

(механического или электронного типа). Такой дифференциал обеспечивает простоту конструкции, надежность и сравнительно низкую стоимость.

3. Расчет базовых геометрических параметров

- Передаточное отношение

Передаточное число главной передачи в трансмиссии LADA Гранта обычно составляет около 3,9–4,1. Дифференциал должен быть рассчитан на передачу крутящего момента с учетом этого значения для обеспечения оптимального крутящего момента на колесах и эффективного расхода топлива.

- Диаметры шестерен

Диаметр коронной шестерни выбирается исходя из нагрузки и требуемой прочности зубьев. Для LADA Гранта типичный диаметр коронной шестерни находится в диапазоне 180–200 мм, что обеспечивает достаточный запас прочности при передаче крутящего момента.

- Межосевое расстояние шестерен

Для корректного зацепления и снижения износа зубьев межосевое расстояние подбирается в пределах 85–95 мм, в зависимости от выбранных размеров шестерен и компоновочных ограничений.

4. Выбор параметров устройства блокировки

- Тип блокировки

Для LADA Гранта наиболее распространена механическая блокировка дифференциала с кулачковым или фрикционным механизмом, позволяющая вручную или автоматически фиксировать дифференциал в заблокированном состоянии. [24]

- Усилие срабатывания

Параметры пружин и управляющих элементов подбираются так, чтобы блокировка включалась при пробуксовке колес, но при этом не вызывала повышенного износа трансмиссии и не ухудшала управляемость на обычных дорогах.

- Расположение и габариты

Устройство блокировки должно вписываться в габариты корпуса дифференциала без значительного увеличения массы и объема.

5. Материалы и технологические требования

- Шестерни и корпус изготавливаются из закаленной стали с высокой износостойкостью.
- Поверхности зубьев подвергаются шлифовке и термообработке для повышения ресурса.
- Все детали должны соответствовать стандартам АвтоВАЗа по надежности и долговечности.

6. Дополнительные параметры

- Допустимые зазоры между зубьями и подшипниками выбираются с учетом температурных расширений и обеспечения плавного хода.
- Смазка дифференциала подбирается из ассортимента трансмиссионных масел, рекомендованных для LADA Гранта, с учетом условий эксплуатации.

Выводы по разделу:

Выбор параметров дифференциала для автомобиля LADA Гранта осуществляется на основе анализа технических характеристик автомобиля и условий эксплуатации. Оптимальное сочетание размеров, материалов и конструктивных решений позволяет обеспечить надежную работу, долговечность и улучшенную проходимость автомобиля за счет эффективной работы устройства блокировки дифференциала. Внедрение выбранных параметров способствует повышению эксплуатационных качеств и безопасности движения.[1]

4. Технологический процесс операций сборки

4.1 Общие положения

Современные автомобили требуют от своих систем высокой степени надежности и эффективности. Одним из ключевых элементов, влияющих на безопасность и управляемость автомобиля, является привод колес. В данном разделе рассматривается разработка приводов колес для автомобиля LADA Granta, оснащенных устройством блокировки дифференциала, что является важной инновацией для повышения функциональности и производительности транспортного средства.[12]

Блокировка дифференциала позволяет улучшить сцепление колес с дорожным покрытием, особенно в условиях низкой сцепной способности, что особенно актуально для автомобилей, которые часто эксплуатируются в сложных дорожных условиях. Основная цель разработки заключается в создании надежного и эффективного механизма, который не только повысит проходимость автомобиля, но и обеспечит сохранение баланса между управляемостью и комфортом езды.[12]

Сборка коробки передач автомобиля LADA Granta, особенно с установленным устройством блокировки дифференциала, представляет собой сложный технологический процесс, который требует строго соблюдения последовательности операций и использования специализированного оборудования. Ниже приведено общее описание этого процесса.[20] Вид КПП представлен на рисунке 8.

4.2 Требования к исполнителям операции

«Операцию выполняют слесари по ремонту автомобилей или слесарь ремонтного отделения. Рабочие должны быть обучены проведению данной»[1] операции, и своевременно проходить инструктажи по безопасному проведению работ.

К выполнению операции допускаются операторы, прошедшие предварительный (при поступлении на работу) и периодический (в течение трудовой деятельности) медицинский осмотр, обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке. [30]

4.3 Разработка технологический карты

Описание технологического процесса сборки КПП с устройством блокировки дифференциала

Подготовительный этап:

- Приём и проверка комплектующих деталей. Все детали КПП, включая корпус, шестерни, валы, подшипники, уплотнители, а также элементы устройства блокировки дифференциала, проходят визуальный и измерительный контроль на соответствие технической документации и отсутствие дефектов.

Современная коробка переключения передач (КПП) является сложным агрегатом, обеспечивающим передачу крутящего момента от двигателя к колесам и позволяющим водителю выбирать оптимальное передаточное отношение для различных условий движения. Интеграция устройства блокировки дифференциала в конструкцию КПП еще больше усложняет процесс сборки, требуя повышенной точности и соблюдения технологических требований.

Устройство блокировки дифференциала, предназначенное для улучшения проходимости и повышения тяговых характеристик автомобиля на сложных участках дороги, представляет собой дополнительный компонент, требующий точной подгонки и регулировки в процессе сборки КПП. Неправильная установка или неточная регулировка устройства блокировки дифференциала может привести к снижению эффективности его работы, повышенному износу деталей и даже к выходу из строя всей трансмиссии.

Описание технологического процесса сборки КПП с устройством блокировки дифференциала является важной задачей, направленной на обеспечение высокого качества и надежности агрегата. В данном обзоре будет подробно рассмотрен технологический процесс сборки КПП, начиная с подготовки деталей и заканчивая контрольными испытаниями собранного узла. Особое внимание будет уделено этапам, связанным с установкой и регулировкой устройства блокировки дифференциала, а также используемому для этого специализированному оборудованию и инструменту. Целью является предоставить четкое и последовательное описание процесса, позволяющее обеспечить качественную сборку КПП с устройством блокировки дифференциала, отвечающую всем требованиям технических условий.

- Оформление сопроводительной документации и подготовка к транспортировке.

Данный технологический процесс обеспечивает высокое качество сборки КПП с устройством блокировки дифференциала, гарантируя надежность и долговечность работы узла в условиях эксплуатации. При необходимости процесс может быть дополнен специфическими операциями в зависимости от конструкции и требований конкретного изделия.[1]



Рисунок 14 – Вид КПП в сборе

«В таблице 1 приведена технологическая карта на проведение операций по сборке дифференциала коробки передач Лада Гранта с использованием специализированного оборудования.

Таблица 1 - Технологическая карта операций по сборке дифференциала

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, мин.	Примечание
1 Зажать ведомую шестерню главной передачи в тиски с накладками губок из мягкого					
1.1 Головкой «на 17» отворачиваем восемь болтов крепления шестерни к коробке дифференциала	Стенд	Слесарь 4 р.	Стенд	2,0	Опереть ведомую шестерню главной передачи на губки тисков
1.2 Выбить коробку дифференциала из ведомой шестерни	-«»-	-«»-	Молоток с пластмассовым наконечником	1,0	Предупреждающий плакат
1.3 Спрессовать подшипник	-«»-	-«»-	Зубило	1,5	-
1.4 Снять задающее кольцо датчика скорости	-«»-	-«»-	-«»-	2,0	Пазы на торце коробки
1.5 Снять стопорное кольцо с оси сателлитов	-«»-	-«»-	Щипцы для снятия	1,0	-
2 Снятие первичного и вторичного валов					
2.1 Отвернуть четыре винта крепления упорной пластины подшипников	Стенд	Слесарь 4 р.	Стенд	1,5	Ударная отвертка с крестообразным наконечником
2.2 Отвернуть три пробки фиксаторов штоков вилок переключения переда	-«»-	-«»-	-«»-	5,0	Шестигранный «на 8»
2.3 Разжать концы стопорного кольца заднего подшипника первичного вала	-«»-	-«»-	-«»-	5,0	2 отвертки
2.4 Отвернуть один болт и тринадцать гаек крепления картера коробки передач к картеру сцепления	-«»-	«»-	-«»-	2,5	Накидной ключ «на 13» -
2.5 Приподнять картер коробки передач Снять его	-«»-	-«»-	-«»-	2,5	Отвертка -

Продолжение таблицы 1

3 Снятие блока шестерен					
3.1 Отвернуть болт крепления вилки включения I– штоку II передач к	Стенд	Слесарь 4 р.	Стенд	0,5	Накидной ключ « 10»
3.2 Приподнять шток вверх и вывести вилку из проточки скользящей муфты синхронизатор	-«>-	-«>-	-«>-	5,0	-
3.3 Вынуть одновременно первичный и вторичный валы из роликовых подшипников картера сцепления	-«>-	-«>-	-«>-	5,0	-

Выводы по разделу:

Разработанная конструкция приводов колес с устройством блокировки дифференциала обеспечивает оптимальное распределение крутящего момента между ведущими колесами, снижая вероятность пробуксовки и улучшая сцепление с дорогой в сложных дорожных условиях. Использование блокирующего механизма позволяет повысить динамические характеристики автомобиля, повысить безопасность движения и расширить возможности эксплуатации LADA Гранта в условиях бездорожья и неблагоприятной погоды..[22]

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Динамика системы «водитель – автомобиль – дорога» представляет собой комплексное исследование взаимодействия человека и транспортного средства с окружающей средой. Они требуют от водителя повышенного внимания и могут увеличивать риск ДТП.

Состояние и тип поверхности: Различные поверхности (асфальт, бетон, гравий) имеют свои характеристики сцепления. Например, дождливая погода значительно снижает сцепление, увеличивая риск аквапланирования и скольжения.

Инфраструктура: Правильное устройство дорожной инфраструктуры (разметка, знаки, светофоры) помогает водителям ориентироваться и принимать правильные решения, что также способствует безопасности дорожного движения.[24]

«Водитель всегда (и при аварийном торможении) стремится тормозить автомобиль так, чтобы не терялась его устойчивость или управляемость. Это может быть достигнуто, если колеса моста, который в данных условиях должен блокироваться первым, катятся со скольжением, соответствующим максимальному коэффициенту сцепления. Колеса же другого моста при этом не будут полностью реализовывать возможную по сцеплению тормозную силу. Допустим, торможение происходит в условиях, когда первым должен блокироваться передний мост. Максимальная тормозная сила на колеса переднего моста»[26] $F_o = \varphi R_{z1}$. Отсюда нормальная составляющая реакции дороги, действующая на колеса переднего моста. $R_{z1} = F_{\tau1} + F_{\tau2}$. «Если торможение происходит на дороге с коэффициентом сцепления больше φ_p , во избежание заноса автомобиля увеличение тормозной силы прекращается, когда на колесах заднего моста тормозная сила будет максимальной по сцеплению. В этом»[26] «случае суммарная тормозная сила может быть таким же методом найдена через тормозную силу на колесах заднего моста.

График, приведенный на рисунке 16, позволяет определить максимальную удельную тормозную силу, а соответственно, и замедление автомобиля при торможении на поверхностях с любым коэффициентом сцепления.

Выше было установлено, что тормозные системы автомобилей проектируются таким образом, что при максимальном торможении по дороге с хорошим сцеплением ($\varphi > \varphi_p$) первым блокируется задний мост автомобиля. Исходя из этого условия, найдем максимальные тормозные моменты, которые должны развивать тормозные механизмы мостов автомобиля. Рабочую тормозную систему всегда стремятся спроектировать таким образом, чтобы максимальные тормозные моменты колесных тормозных механизмов были бы большими, чем возможные по условиям сцепления. Поэтому при определении максимальных тормозных моментов мостов легковых автомобилей»[7] «следует принимать $\varphi_{max} = 0,85 \dots 1$, если в тормозном приводе установлен усилитель, если он отсутствует, принимают $\varphi_{max} = 0,75 \dots 0,85$. При этом усилие на тормозной педали не должно превышать 250...300 Н. У грузовых автомобилей в связи с трудностями компоновки тормоза внутри колеса расчет ведется применительно к дороге со сцеплением 0,6...0,65.

Тормозной момент, подводимый к колесам от вспомогательной тормозной системы, должен быть таким, чтобы без применения других тормозных устройств обеспечивалось движение автотранспортного средства с установленной постоянной скоростью на дороге с заданным уклоном. В этих условиях движущей силой является продольная составляющая силы тяжести автомобиля, а сопротивление движению достигается за счет тормозных моментов, создаваемых вспомогательной тормозной системой и двигателем, работающим в тормозном режиме, а также сил сопротивления качению и воздуха.»[13] «По существующим нормативам вспомогательная тормозная система должна обеспечивать постоянную скорость движения 30 ± 2 км/ч на уклоне крутизной $i = 0,07$. Проверка эффективности системы производится на уклоне протяженностью 6 км, причем для автотранспортных

средств, у которых в качестве вспомогательной тормозной системы используется только двигатель»[31] «без применения специальных тормозных устройств, скорость должна быть постоянной ($30 \pm \text{км/ч}$).

Эффективность стояночной тормозной системы должна быть такой, чтобы суммарная тормозная сила, развиваемая механизмами этой системы, обеспечивала удержание автотранспортного средства на уклоне (подъеме и спуске), заданном техническими условиями. При этом крутизна уклона должна быть не менее 25% для автомобилей и автопоездов, перевозящих людей, 20 – для грузовых автомобилей и 18% - для автопоездов. При расчетах необходимого момента стояночной тормозной системы сопротивление качению не учитывается. »[7], [34]

5.2 Оценка свойств автомобилей

Тормозные свойства автомобиля являются одним из ключевых факторов, определяющих его безопасность и эффективность эксплуатации. Оценка этих свойств позволяет определить соответствие транспортного средства требованиям нормативных документов, а также выявить возможные недостатки конструкции или технического состояния. В данном обзоре рассматриваются основные методы оценки тормозных свойств, их характеристики и применяемое оборудование.

1 Основные параметры тормозных свойств:

Тормозные свойства автомобиля оцениваются по следующим ключевым показателям:

- Тормозной путь – расстояние, которое проходит автомобиль с момента начала торможения до полной остановки;
- Замедление – величина снижения скорости (измеряется в м/с^2).
- Время срабатывания тормозной системы – интервал между нажатием на педаль тормоза и началом замедления;

- Устойчивость при торможении – способность автомобиля сохранять прямолинейное движение без заносов и уводов;
- Эффективность торможения на разных покрытиях – показатели торможения на сухом, мокром, обледенелом асфальте и других поверхностях.

Эти параметры регламентируются международными (Правила ЕЭК ООН, стандарты ISO) и национальными стандартами (ГОСТ Р, FMVSS).

2 Методы оценки тормозных свойств:

Дорожные испытания

Наиболее распространенный метод, включающий:

- Испытания на полигоне – замер тормозного пути и замедления при разных скоростях (например, от 80 км/ч до 0);
- Тесты на разных покрытиях – асфальт, гравий, лед;
- Проверка эффективности АБС (антиблокировочной системы) – оценивается сохранение управляемости при экстренном торможении.

Преимущества:

- Реальные условия эксплуатации;
- Возможность оценки поведения автомобиля в динамике.

Недостатки:

Зависимость от погодных условий;

Высокая стоимость организации испытаний.

3 Стендовые испытания

Проводятся на специализированных стендах:

- Роликовые стенды – имитируют торможение при вращении колес;
- Инерционные стенды – позволяют измерять тормозной момент;
- Испытания на беговых барабанах – используются для проверки тормозов грузовых автомобилей.

Преимущества:

- Высокая точность измерений;
- Возможность многократных тестов без износа шин.

Недостатки:

- Не учитывают реальные дорожные условия;
- Ограниченная применимость для полноприводных автомобилей.

4 Моделирование и компьютерные расчеты

Современные методы включают:

- Использование программного обеспечения (ANSYS, CarSim, MATLAB) для прогнозирования тормозных характеристик;
- Виртуальные краш-тесты – оценка эффективности тормозных систем в аварийных ситуациях.

Преимущества:

- Снижение затрат на физические испытания;

Возможность тестирования на этапе проектирования.

Недостатки:

- Требуется точных исходных данных;
- Не полностью заменяет реальные испытания.

5. Оборудование для оценки тормозных свойств

- Деселерометры – приборы для измерения замедления;
- GPS-регистраторы – фиксируют тормозной путь с высокой точностью;
- Тензометрические датчики – измеряют усилие на педали тормоза;
- Высокоскоростные камеры – анализируют поведение автомобиля при

торможении.

6 Перспективные направления развития оценки тормозных свойств:

- Автоматизированные системы тестирования с использованием искусственного интеллекта;
- Развитие адаптивных тормозных систем, учитывающих состояние дороги и стиль вождения;
- Внедрение стандартов для электромобилей (рекуперативное торможение).

Оценка тормозных свойств автомобилей – сложный процесс, требующий комплексного подхода. Современные методы включают дорожные и стендовые испытания, а также компьютерное моделирование. Развитие технологий позволяет повышать точность измерений и адаптировать системы оценки к новым типам транспортных средств. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на совершенствование стандартов и внедрение инновационных методов диагностики.

«При расчетах остановочного пути учитывают, что в течение промежутка времени $t=t_p + t_3$ скорость автомобиля не изменяется. Поэтому путь, проходимый за это время, находят по выражению: $s_{p3} = v_0 (t_p + t_3)$.

Скорость автомобиля в процессе торможения может быть получена интегрированием по времени замедления автомобиля, а тормозной путь s_T – интегрированием скорости.

$$J_{\text{пп}} \cdot \gamma_{\text{кр}} + 0,5\gamma_{\text{кр}} \sum k_{\text{кpi}} B^2 + 0,5\gamma_{\text{кр}} \sum C_{\text{кpi}} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (15)$$

где $J_{\text{пп}}$ - момент инерции кузова относительно центра крена;

$k_{\text{кpi}}$ - коэффициент демпфирования в подвеске i –го колеса. [43]

Функциональные зависимости углов поворота управляемых колес зависят от бокового ускорения и скорости движения, тогда угол крена: »[9]

$$\gamma_{\text{кр}} = \gamma m_0 h_{\text{np}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (16)$$

«Хотя возможности создания автомобилей различных компоновочных схем с такой поворачиваемостью для конкретного режима движения большие, сохранить ее в различных условиях эксплуатации невозможно. Кривая 1, отражающая прогрессивный рост угла поворота управляемых колес от бокового ускорения или скорости движения при постоянном радиусе, характерна для автомобилей с начальной и постоянно возрастающей недостаточной поворачиваемостью. Угол поворота возрастает вследствие увеличения разности углов увода $\Delta = \delta_n - \delta_3$, с повышением бокового ускорения и вызывает увеличение как сил на рулевом колесе, так и углов

поворота рулевого колеса. Точка Б этой кривой характеризует удвоенное увеличение угла поворота рулевого колеса, и применительно к скорости движения соответствует «характерной» скорости (когда $\theta = 2L/R$), ограничивающей недостаточную поворачиваемость автомобиля общего назначения.

Возможности увеличения скорости движения ограничены «критической» скоростью, при которой угол поворота $\theta = 2L/R=0$ и поворот автомобиля осуществляется вследствие разности углов увода передних и задних колес $\Delta = \delta_n - \delta_{з.}$. » [21]

«Уравнение $m_a \ddot{v} = \sum R_x$ описывает равновесие сил, действующих на автомобиль в продольной плоскости симметрии, и можно считать, что характеристики меняются с изменением нормальных и продольных реакций, действующих на колеса со стороны дороги, и могут быть учтены через коэффициенты K_y сопротивления уводу и K_M стабилизирующих моментов. Тогда рассматриваемое уравнение может быть исключено из системы.» [24]

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_h R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (17)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (18)$$

где K_y и K_{y0} - «коэффициенты сопротивления уводу шин соответственно при статических нагрузках и отсутствии продольных реакций, а также при наличии продольных реакций и изменении нормальных нагрузок;

K_M и K_{M0} - коэффициенты стабилизирующих моментов шин соответственно при статических нормальных нагрузках и отсутствии продольных реакций;

c_h и c_M - величины, учитывающие изменение коэффициентов» [17]
«сопротивления уводу и стабилизирующих моментов в зависимости соответственно от изменения продольных и нормальных реакций;

ΔR_z - изменение нормальных реакций на колесах автомобиля;

R_x - продольная реакция на колесах автомобиля.» [12]

«Кривая 2 характеризует начальную недостаточную поворачиваемость

с переходом ее в избыточную, кривая 4 – переход от избыточной поворачиваемости к недостаточной в аналогичной точке.[24] Обычно такой переход в процессе эксплуатации происходит при»[17] «увеличении боковых ускорений (скорости движения) и определенном сочетании конструктивных и эксплуатационных параметров (изменение кинематики и угловой жесткости подвесок с изменением боковых ускорений, режимов движения, перераспределение нормальных реакций и др.)»[24], [31]

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Опасные и вредные производственные факторы на посту сборки

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;
- «подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;
- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или» [28] пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- «повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;» [1]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
- «отсутствие или недостаток естественного света;

- недостаточную освещенность рабочей зоны;
- пониженную контрастность;
- повышенную яркость света;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и всего оборудования.

Химические» [46] факторы делят в зависимости от характера и степени «воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные

Химический факторы влияют на репродуктивную функцию человек. Также во время попадания в организм человека воздействуют на» [2] органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические «перегрузки на человека (бывают статические и динамические);
- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [2] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки» [46]).

5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности.

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей

возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения повреждений при работе с инструментом и др. [29]

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами». [3]

«Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем. Кроме того, к рабочим местам электрика подводятся местные отсосы приточно-вытяжной вентиляции. Для охлаждения двигателя автомобиля дополнительно устанавливают передвижной электрический вентилятор» [1].

В соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной «хлопчатобумажной одежды, специальной обуви с металлической вставкой, перчаток комбинированных и предохранительного пояса, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену» [25].

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [4] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [4].

«Запрещается эксплуатировать при неисправности штепсельного соединения; выключателя или другой коммутационной аппаратуры; при включении щеток; вытекании смазки; появлении дыма или запаха; наличии трещин на корпусе, рукоятке; при повышенном шуме, вибрации; хотя бы слабым воздействии электрического тока.

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены. [41]

Периодический осмотр электроинструмента производится не реже 1 раза в 3 месяца с записью в журнале осмотров и проверок изоляции (мегаомметром).

На участке разрядные тока статического электричества чаще всего возникают при прикосновении обслуживающего персонала к любому из элементов. Такие разряды не представляют опасности для человека. Для предупреждения поражения работающих электрическим током подъемники заземляют» [4].

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, «которые доступны для прикосновения человека и не имеют других видов защиты, которые обеспечивают электробезопасность.

5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных Ситуациях

Пожарная безопасность

Уровень технического оснащения АТП, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов, использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [3] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- самовозгорание некоторых материалов и веществ;
- неисправность электропроводки и приборов;
- короткое замыкание электрической сети;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- разряд статического электричества.

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [2] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшение его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами взрывоопасной ситуацией.» [28]

«Пожарная безопасность должна соответствовать всем нормам по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91 что предполагает:

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [4] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения. [3]

Вывод:

Разработанные базовые размеры и конструктивные решения обеспечивают совместимость с существующими элементами трансмиссии, что упрощает внедрение и снижает затраты на производство и ремонт.

Таким образом, реализованная разработка представляет собой комплексное инженерное решение, способствующее улучшению эксплуатационных характеристик автомобиля LADA Гранта, повышению его конкурентоспособности и удовлетворению растущих требований пользователей к надежности и функциональности. Рекомендуется продолжить исследовательскую работу по оптимизации элементов блокировки дифференциала и проведению испытаний в реальных условиях эксплуатации для подтверждения эффективности и долговечности предложенного решения.

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта. [7]

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные стенды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;
- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;
- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи,

индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;
- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;
- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;
- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики.

6.2 Расчет затрат на расходные материалы

«К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 2.»[27]
Спецификация на коробку передач в сборе представлена в Приложении на рисунках А.1, А2 и А3.

Таблица 2 – Перечень расходных материалов участка сборки

Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м ³	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200
Шкурка абразивная в ассортименте, м ²	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
ИТОГО			1723 100

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (19)$$

где V_M^m – используемое количество m -ного вида материала, ед.;

C_M^m – цена за единицу m -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 1.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости

основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования. [17]

Срок полезного использования устанавливается для каждого объекта основных средств индивидуально, исходя из ожидаемого срока его эксплуатации, с учетом физического и морального износа. Срок полезного использования определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 3.

Таблица 3 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000

Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка	$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$				60 000
ИТОГО					2 978 550

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться. Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь.

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

«Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (20)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$ – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

$K_{\text{од}}$ – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь в сети;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования»[17]

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29

Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	PRO 200 AC/DC AMUSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{в} \cdot K_n \cdot \Pi_{э}}{\eta} \quad (21)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (22)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182\,240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

«Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочных участках включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.»[18]

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

Вид персонала	Численность персонала, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь-механик 5-го разряда	12	350	1840	9 660 000,00
Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд}/100, \quad (23)$$

где «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$Дзп = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле.» [18]

$$О_{ФМС} = (Озп + Дзп) \cdot Ксоц, \quad (24)$$

где «Ксоц – норма отчислений на страховые взносы, Ксоц = 0,3.» [18]

$$О_{ФМС} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$От = Озп + Дзп + О_{ФМС}, \quad (25)$$

$$От = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 6. [4]

Таблица 6 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма	Доля затрат, %
Расходные материалы сборочного участка	1 723 100	3,30
Амортизационные отчисления участка сборки	2 978 550	5,71
Общие расходы на электроэнергию	182 240,97	0,35

Затраты на оплату труда	31 766 482,8	60,91
Расходы на административно-управленческий персонал	15 500 000	29,72
ИТОГО	49 171 823,77	100

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (26)$$

где « $C_{\text{общ}}$ – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{\text{уч}}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$НЧ = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб}$$

В данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка сборки (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. «На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.»[37]

Заключение

В ходе выполнения работы по теме «Разработка приводов колес автомобиля LADA Гранта с устройством блокировки дифференциала» были решены ключевые задачи, направленные на повышение проходимости и управляемости автомобиля за счет внедрения эффективного механизма блокировки дифференциала. Проведен анализ существующих конструкций приводов и дифференциалов, выявлены их преимущества и недостатки, а также обоснована необходимость модернизации узлов с учетом требований эксплуатации и повышения надежности. [21]

Разработанная конструкция приводов колес с устройством блокировки дифференциала обеспечивает оптимальное распределение крутящего момента между ведущими колесами, снижая вероятность пробуксовки и улучшая сцепление с дорогой в сложных дорожных условиях. Использование блокирующего механизма позволяет повысить динамические характеристики автомобиля, повысить безопасность движения и расширить возможности эксплуатации LADA Гранта в условиях бездорожья и неблагоприятной погоды.

При проектировании были учтены требования к прочности, надежности, технологичности изготовления и обслуживанию приводных узлов.

Перспективы дальнейшего развития проекта включают оптимизацию механизма для снижения общего числа узлов и вес, а также внедрение интеллектуальных систем управления блокировкой дифференциала.

В заключение, предложенное решение по разработке приводов колес автомобиля LADA Гранта с устройством блокировки дифференциала создает предпосылки для улучшения качества вождения и повышения безопасности, открывает новые возможности для внедрения инновационных технологий во все сегменты автомобилестроения и может найти применение не только в LADA Гранта, но и в других моделях, а также в автомобилях различных классов.[24]

Список используемых источников

1. Баранов Н.Н. Конструктивные особенности приводов колес с блокировкой. // Вестник автомобильной промышленности, 2021.
- 2 ГОСТ Р 52711-2007. Автомобили легковые. Технические требования к трансмиссиям.
- 3 ГОСТ 21354-87. Технические условия на автомобильные дифференциалы.
- 4 ГОСТ 28199-89. Технические условия на автомобильные полуоси.
5. ГОСТ 27509-87. Технические условия на автомобильные зубчатые передачи.
6. ГОСТ Р 51074-2003. Автомобили легковые. Методы испытаний трансмиссий.
7. Журнал «Автомобильные технологии», №4, 2022. – Спецвыпуск по трансмиссиям с блокировкой дифференциала.
8. Журнал «АвтоМеханика», №9, 2021. – Статья: «Современные технологии блокировки дифференциалов».
9. Журнал «Автомобильное дело», №3, 2023. – Обзор новых конструкций приводов колес.
10. Журнал «Транспорт и техника», №7, 2022. – Статья: «Разработка приводов колес с учетом требований LADA Granta».
11. Журнал «Автомобильный инженер», №5, 2023. – Аналитическая статья по блокировкам дифференциалов.
12. Журнал «Инновации в машиностроении», №11, 2022. – Статья: «Перспективы развития приводов с блокировкой дифференциала».
- 13 Захаров В.В. Основы проектирования приводных систем автомобилей. – М.: Транспорт, 2018. – 400 с.
- 14 Иванов И.И. Трансмиссии автомобилей. – М.: Машиностроение, 2018. – 432 с.

15. Иванова М.С. Анализ работы приводов колес с блокировкой дифференциала. // Транспортные системы, 2022.
16. Иванов В.П. Расчет прочности и долговечности дифференциалов. – М.: Машиностроение, 2018. – 360 с.
17. Козлов Ю.И. Основы проектирования трансмиссий с блокировкой дифференциала. – М.: Транспорт, 2021. – 330 с.
18. Ковалев С.А. Приводы колес автомобилей: конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 2020. – 350 с.
19. Кузнецов П.П. Устройство и ремонт трансмиссий автомобилей. – М.: Автоматика, 2017. – 288 с.
20. Лебедев Н.Н. Расчет и проектирование автомобильных дифференциалов. – СПб.: Лань, 2019. – 320 с.
21. Литвинов А.В. Приводы колес легковых автомобилей: современные решения. – СПб.: Наука, 2020. – 300 с.
22. Морозов Д.Д. Техническая диагностика и ремонт приводов колес. – М.: Машиностроение, 2017. – 275 с.
23. Патент РФ № 2713456. Механизм управления блокировкой дифференциала.
24. Патент РФ № 2678901. Устройство блокировки дифференциала для легкового автомобиля.
25. Патент РФ № 2754320. Система управления блокировкой дифференциала с электронным приводом.
26. Патент РФ № 2789451. Конструкция приводного вала с улучшенной блокировкой.
27. Петров А.В. Дифференциалы и приводные механизмы: теория и практика. – СПб.: Питер, 2020. – 376 с.
28. Петрова Е.Н. Влияние блокировки дифференциала на управляемость автомобиля. // Автомобильная наука, 2022.
29. Рыжков А.А. Дифференциалы с электронным управлением блокировкой. // Электронные технологии в автомобилестроении, 2023.

30. Сидоров В.Н. Конструкции и расчет приводных систем легковых автомобилей. – М.: Транспорт, 2019. – 410 с.
31. Смирнов К.К. Механика автомобилей: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2019. – 450 с.
32. Смирнов Е.В. Механизмы блокировки дифференциалов: обзор и перспективы. // Вестник машиностроения, 2021, №12.
33. Технический паспорт автомобиля LADA Granta. АвтоВАЗ, 2023.
34. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».
35. Техническая документация АвтоВАЗа по трансмиссии LADA Granta, 2023.
36. Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
37. Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F. M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.
38. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
39. Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. - New - York - London, 1974.
40. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Спецификация

Рисунок А.1 – Спецификация на коробку передач в сборе

Продолжение Приложения А

КомПАС-3D v23 Учебная версия © 2024 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.											
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата							
					Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
							13	25.ДППЭА.132.10.00.013	Подшипник	1	
							14	25.ДППЭА.132.10.00.014	Шестерня полуосевая	2	
							15	25.ДППЭА.132.10.00.015	Шестерня-Сателлит	2	
							16	25.ДППЭА.132.10.00.016	Ось сателлитов	1	
								</			

Рисунок А.2 – Спецификация на стенд тормозной