

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 механизма блокировки межколесного дифференциала
ГАЗ-33106 «Валдай»

Студент

А.А. Улисов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Чумаков Л.Л.

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка механизма блокировки межколесного дифференциала ГАЗ-33106 «Валдай». Актуальность темы обусловлена ростом числа транспортных средств, которые используют полный привод в трансмиссии. Следовательно, требуется проектирование агрегатов, повышающих проходимость транспортного средства. В дипломном проекте был выполнен проект механизма блокировки межколесного дифференциала, что значительно улучшит внедорожные характеристики автомобиля.

Структура дипломной работы представляет собой пять глав, оглавление, введение, заключение, список литературы, включающий иностранные источники и приложения. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Ключевым значением проекта является разработка расчет и разработка конструкция механизма межколесной блокировки дифференциала легкого грузового автомобиля.

Целью проекта является разработка конструкции механизма блокировки межколесного дифференциала ГАЗ-33106 «Валдай», с учетом специфики конструкции транспортного средства и особенностей его эксплуатации.

Дипломная работа разбита на связанные между собой главы. В первой главе дипломного проекта был произведен анализ конструкции механизмов блокировки межколесного дифференциала, включая механизмы, применяемые на автомобилях иностранного производства.

Во второй главе определена конструкция механизма и выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции стэнда, а также отдельных элементов схемы.

В третьей главе дипломного проекта была разработана технология и сформирована технологическая карта на сборку разработанного механизма

блокировки дифференциала. Выполнена разработка технологической схемы сборки механизма блокировки межколесного дифференциала.

В четвертой главе, посвященной безопасности жизнедеятельности, был выполнен анализ безопасности при проведении сборочных и монтажных работ в сборочном цехе. Выявлены опасные и вредные производственные факторы и предложены пути их нейтрализации.

В пятой главе дипломного проекта выполнен расчет себестоимости проведения работ по изготовлению и сборке механизма блокировки межколесного дифференциала.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на девяти листах графической части.

Abstract

The theme of the graduation project is “Development of a mechanism for blocking the cross-axle differential GAZ-33106 Valdai”. The relevance of the topic is due to the growing number of vehicles that use all-wheel drive in the transmission. Therefore, it is required to design units that increase the cross-country ability of the vehicle. In the graduation project, a project is completed for a cross-axle differential locking mechanism, which will significantly improve the off-road performance of the car.

The structure of the thesis consists of five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources and applications. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

The thesis is divided into interconnected chapters. In the first chapter of the graduation project, an analysis is made of the design of the interwheel differential locking mechanisms, including the mechanisms used on foreign-made cars.

In the second chapter, the design of the mechanism is defined and the calculation of individual components and parts, power and strength calculations of the stand structure, as well as individual elements of the circuit, are performed.

In the third chapter of the graduation project, a technology is developed and a technological map is formed for the assembly of the developed differential lock mechanism.

In the fourth chapter, devoted to life safety, a safety analysis was performed during assembly and installation work in the assembly shop.

In the fifth chapter of the graduation project, the calculation of the cost of carrying out work on the manufacture and assembly of the cross-axle differential locking mechanism is carried out.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on nine sheets of the graphic part.

Содержание

Введение	7
1 Анализ технической возможности осуществления модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106	10
1.1 Направление модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106	10
1.2 Выбор модельного автомобиля категории N2 для дальнейшей модернизации трансмиссии	12
2. Проектировочный тяговый расчет автомобиля	15
2.1 Построение внешней скоростной характеристики автомобильного двигателя	15
2.2 Тяговый баланс автомобиля	17
2.3 Динамический фактор автомобиля	23
2.4 Характеристика ускорений автомобиля	27
2.5 Характеристика времени и пути разгона автомобиля	29
2.6 Мощностной баланс автомобиля	32
3 Конструкторская разработка механизма блокировки межколесного дифференциала автомобиля ГАЗ-33106	38
3.1 Разработка структурной схемы трансмиссии проектируемого автомобиля	38
3.2 Прочностные расчёты разрабатываемой конструкции	42
3.2.1 Расчёт главной передачи	42
3.2.2 Расчёт дифференциала	47
3.2.4 Расчёт многодискового фрикциона	48
4 Технологический процесс сборки самоблокирующегося дифференциала ..	52
4.1 Операционно-технологическая карта ТО-1 заднего моста автомобиля ГАЗ-33106	52
4.2 Технологический процесс сборки механизма самоблокирующегося дифференциала	53
5 Охрана труда и безопасность объекта проектирования	59

5.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)	59
5.2 Идентификация профессиональных рисков	59
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	64
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	67
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	70
6 Экономический раздел дипломного проекта	71
6.1 Анализ объекта дипломного проектирования	71
6.2 Исходные данные для расчета	71
6.3 Расчет затрат на материалы	72
6.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты	73
6.5 Расчет затрат на заработную плату	75
Заключение	77
Список используемых источников	80

Введение

«Автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны. Согласно оценкам, вклад автомобильного транспорта в перевозки грузов составляет 75-77%, а пассажиров (без индивидуального легкового) 53-55%. Регулярными автомобильными перевозками (основными в пассажирских перевозках) охвачено 1,3 тыс. городов и 79,8 тыс. населённых пунктов.

Главной задачей автомобильного транспорта является полное, качественное и своевременное удовлетворение потребностей предприятий и населения в перевозках при возможно минимальных материальных затратах.

Поэтому основными задачами являются повышение уровня технического обслуживания, повышение производительности подвижного состава, и снижение затрат на перевозки грузов.» [1]

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используются транспортные средства, созданные на базе серийной техники, в условиях бездорожья. Подобное транспортное средство требует применения особого подхода и специфичных элементов трансмиссии и подвески. В первую очередь, узлов и агрегатов, обеспечивающих максимально равномерное распределение крутящего момента между всеми ведущими колесами для обеспечения наилучшей проходимости

В линейке производителя транспортных средств Горьковского автозавода есть полноприводные транспортные средства, такие как микроавтобус «Соболь», имеющий привод 4x4, но не имеющий механизмов межколесной блокировки. Между тем, применение подобных механизмов в трансмиссии позволило бы значительно расширить возможности транспортного средства в части проходимости.

«ГАЗ-33106 — среднетоннажный низкорамный грузовик с колесной формулой 4×2, оснащенный дизельным двигателем Cummins с турбокомпрессором. Грузоподъемность до 4170 кг. Модификация создана на основе модели ГАЗ-33104 с дизельным двигателем ММЗ Д-245.

Новый «Валдай» обладает повышенной на 500 кг грузоподъемностью, новый мотор обеспечивает прирост мощности более чем на 30 «лошадок», также имеются и другие изменения, в целом улучшившие характеристики грузовика. Серьезный упор конструкторы ГАЗ сделали на надежность отдельных компонентов и качество сборки автомобиля, и ряд принятых мер по повышению качества продвинули обновленный «Валдай» далеко вперед по сравнению с предшественниками.

Несмотря на многочисленные изменения, новый грузовик имеет много общего с предыдущими модификациями, а поэтому многие запчасти на ГАЗ-33106 взаимозаменяемы с запчастями на ГАЗ-33104 и на другие модификации «Валдая».» [1]

Для автомобиля ГАЗ-33106 «Валдай» наличие межколесного дифференциала актуально по причине, что данное транспортное средство очень широко эксплуатируется в сельской местности, где очень часто проезд по дорогам общего пользования затруднен в межсезонье, поскольку подобные дороги не имеют постоянного твердого покрытия. Также накладывает свои особенности эксплуатации тот факт, что ГАЗ-33106 «Валдай» находит свое применение вне дорог общего пользования, например в качестве автомобиля технических служб и ремонтных мастерских. Следовательно, необходима установка межколесного дифференциала, что улучшило бы проходимость транспортного средства без использования полного привода. Это в равной степени позволило перемещаться как по дорогам с твердым покрытием, так и вне них.

Цель дипломного проекта состоит в модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106 «Валдай» разработкой механизма блокировки

межколесного дифференциала ведущих колес. Данное техническое решение позволит повысить проходимость транспортного средства без значительной доработки конструкции трансмиссии и увеличения веса транспортного средства, что является важным фактором.

Для достижения цели проекта необходимо решить ряд задач:

- Произвести анализ конструкции существующих трансмиссий транспортных средств и определить оптимальную схему разрабатываемой конструкции;

- Произвести разработку структурной схемы трансмиссии с блокируемым межколесным дифференциалом;

- Выполнить тяговый расчет транспортного средства

- Выполнить расчет прочностных характеристик трансмиссии транспортного средства;

- Разработать комплект конструкторской документации трансмиссии транспортного средства;

- Выполнить рабочие чертежи разрабатываемой конструкции;

- Разработать мероприятия по охране труда и безопасности производства при выполнении сборочных операций;

- Рассчитать технико-экономические показатели проекта;

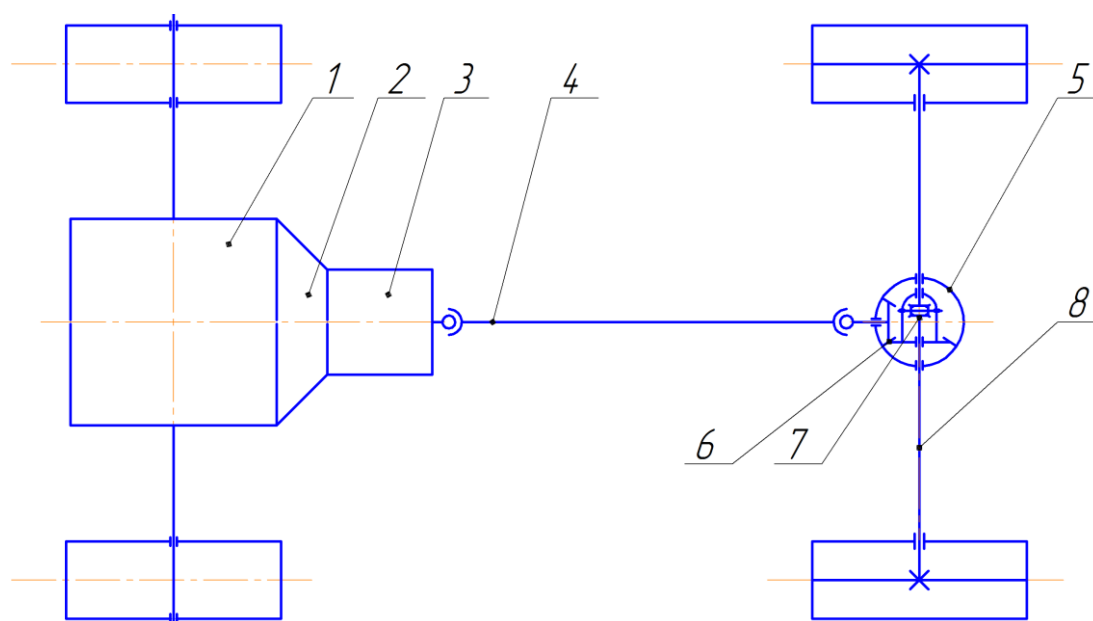
Выполнение комплекса указанных задач обеспечивает выполнение дипломного проекта на высоком организационном и конструкторском уровнях.

1 Анализ технической возможности осуществления модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106

1.1 Направление модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106

При разработке конструкторского решения по направлению модернизации трансмиссии транспортного средства, необходимо рассмотреть конструкцию трансмиссии автомобиля, чтобы определить технические и технологические возможности для проведения работ по ее модернизации.

«Существующая трансмиссия модельного автомобиля ГАЗ-33106 – механическая ступенчатая. Структурную схему существующей трансмиссии можно представить в виде рисунка 1.» [10]



1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – сцепление; 3 – коробка переменных передач; 4 – карданная передача; 5 – ведущий мост; 6 – главная передача; 7 – дифференциал; 8 – полуоси заднего моста

Рисунок 1 – Структурная схема существующей трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106

Как следует из схемы, представленной на рисунке 1, кинематика трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106 типична для всех автомобилей подобного типа. Автомобиль выполнен по заднеприводной компоновке. Сзади на ведущих колесах установлен неразрезной мост, оснащенный дифференциалом для распределения крутящего момента между колесами при криволинейном движении. Коробка передач трехвальная, механическая, заблокированная с силовым агрегатом. Для разъединения двигателя и коробки передач присутствует сухое однодисковое сцепление, приводимое гидравлическим приводом от педали. Коробка передач соединяется с ведущим мостом при помощи карданного вала. Карданный вал двухшарнирный, шарниры на крестовинах.

Исходя из имеющейся схемы транспортного средства и учитывая тенденции создания современных образцов техники, возможно предложить следующие направления модернизации трансмиссии транспортного средства:

- «установка автоматической КПП;
- установка гидравлического сцепления;
- установка блокируемого межколёсного дифференциала;
- изменение привода включения сцепления;
- изменение привода включения КПП;
- разработка полноприводной схемы трансмиссии;
- установка гидромеханической КПП;
- модернизация карданной передачи и т.д.» [7]

Исходя из полученного задания, а также учитывая объём предполагаемых работ по модернизации трансмиссии, можно предложить наиболее актуальное направление модернизации – установка межколесного блокируемого дифференциала. Подобная доработка конструкции не потребует значительной доработки трансмиссии, а значит не будет избыточно дорогой в производстве. Кроме того, данная модернизация будет способствовать улучшению проходимости транспортного средства, что было оговорено в полученном на дипломное проектирование задании.

1.2 Выбор модельного автомобиля категории N₂ для дальнейшей модернизации трансмиссии

Для проведения модернизации трансмиссии автомобиля ГАЗ-33106 был принят вариант установки механизма блокировки межколесного дифференциала. Для проведения расчетов по данному автомобилю, определим его технические характеристики:

- «общее описание транспортного средства: автомобиль бортовой с двухдверной металлической кабиной, платформа металлическая с откидными боковыми и задним бортами, со съёмным тентом;
- колёсная формула – 4 х 2;
- количество мест в кабине – 3 чел.;
- масса снаряжённого автомобиля – 3500,0 кг;
- полная масса автомобиля – 7400 кг;
- грузоподъёмность – 3500 кг;
- минимальный радиус поворота по оси следа переднего внешнего колеса – 6,40 м;
- полезный объём платформы – 3,91 м³;
- шины – 215/75 R17,5;
- сцепление – однодисковое, сухое с гидравлическим приводом;
- коробка перемены передач – механическая пятиступенчатая;
- главная передача – коническая, гипоидного типа, передаточное число 6,17;
- подвеска: передних колёс – зависимая рессорная; задних колёс – зависимая рессорная;
- рулевое управление с гидроусилителем: рулевой механизм типа «винт-шариковая гайка» с встроенным гидроусилителем; рулевая колонка с двухшарнирным рулевым валом и компенсатором, с механизмом регулировки положения рулевого колеса;

- тормозная система рабочая – двухконтурная с пневматическим приводом, тормозные механизмы – дисковые;
- тормозная система запасная – каждый контур рабочей тормозной системы;
- тормозная система стояночная - тормозной привод - пневматический на заднюю ось, действует от ручного крана, снабжен сигнализатором на щитке приборов, тормозные механизмы – с пневматическим цилиндром с пружинными энергоаккумуляторами;
- габаритные размеры – 6090 x 2643 x 2245 мм.» [2]

Общий вид проектируемого автомобиля категории N₂ на колёсных движителях представлен в виде рисунка 2.



Рисунок 2 - Вид общий автомобиля ГАЗ-33106

В разделе проведен анализ конструкции транспортного средства и определены его технические характеристики. Определённые в результате обзора данные явились основанием для проведения дальнейших расчетов конструкции транспортного средства и его отдельных элементов. По данным

проводится тяговый расчет транспортного средства, в результате которого определяется его тягово-скоростная характеристика и характеристики топливной экономичности. Отдельно рассмотрена компоновочная схема трансмиссии автомобиля.

Определены основные составляющие части трансмиссии и приведено их краткое описание. Рассмотрена возможность проведения модернизации трансмиссии автомобиля, исходя из направлений развития конструкторской мысли и общемировых тенденций в отрасли автомобилестроения. Как наиболее перспективные и не требующие при этом значительных капитальных вложений, в отличие от большинства других направлений модернизации, принято решение о модернизации трансмиссии путем разработки механизма блокировки межколесного дифференциала. Именно этот вид конструкторской разработки будет рассмотрен в дипломном проекте.

2. Проектировочный тяговый расчет автомобиля

2.1 Построение внешней скоростной характеристики автомобильного двигателя

«Наиболее полные сведения о параметрах двигателя дает его внешняя скоростная характеристика. Она представляющая собой зависимость эффективной мощности – N_e , [кВт]; эффективного крутящего момента – M_e , [Н·м]; удельного расхода топлива – g_e , [г/кВт·ч]; часового расхода топлива – G_T , [кг/ч], от частоты вращения коленчатого вала n_e , [об/мин], при установившемся режиме работы двигателя и максимальной подаче топлива.

Определение текущего значения эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала двигателя, производится по эмпирической зависимости, предложенной С.Р. Лейдерманом:» [5]

$$N_e = N_{e \max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n_e}{n_N} \right) + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right], \text{ кВт} \quad (1)$$

«Где $N_{e \max} = 84,5$ кВт – максимальная эффективная мощность двигателя;
 n_e – текущая частота вращения, [об/мин];
 $n_N = 3200$ об/мин – частота вращения при максимальной мощности;
коэффициенты $a = b = c = 1$.» [14]

Определяем значения наименьшей устойчивой – $n_{e \min}$, и максимальной – $n_{e \max}$, частот вращения коленчатого вала двигателя.

$$n_{e \min} = 0,13 \cdot n_N = 0,13 \cdot 3200 = 416 = 500 \text{ об/мин},$$

$$n_{e \max} = 1,2 \cdot n_N = 1,2 \cdot 3200 = 3840 = 3800 \text{ об/мин}.$$

«Полученный диапазон частот вращения коленчатого вала разбиваем на двенадцать значений через интервал в 300 [об/мин].

Часть мощности двигателя затрачивается на привод вспомогательного оборудования (генератор, насос системы охлаждения двигателя, компрессор, насос гидроусилителя руля и др.), и лишь оставшаяся мощность N_e' - мощность нетто, используется для движения автомобиля.» [14]

$$N_e' = 0,9 \cdot N_e, \text{ кВт} \quad (2)$$

Для расчета графика эффективного крутящего момента используем выражение вида:

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n_e} \quad (3)$$

«Часть эффективного крутящего момента двигателя – M_e затрачивается на привод навесного вспомогательного оборудования, и лишь оставшаяся его часть, так называемый крутящий момент нетто – M_e' , используется для движения автомобиля. Для определения момента нетто воспользуемся выражением:» [14]

$$M_e' = 0,9 \cdot M_e, \text{ Н·м} \quad (4)$$

«Для расчета удельного расхода топлива бензиновых двигателей используют эмпирическую зависимость вида:

$$g_e = g_{e \min} \cdot \left[1,2 - 1,2 \cdot \frac{n_e}{n_N} + \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где $g_{e \min} = 313$ [г / кВт·ч] – минимальный удельный расход топлива.» [14]

Расчеты внешней скоростной характеристики двигателя автомобиля и топливной экономичности представим в таблице 1

Таблица 1 - Расчеты внешней скоростной характеристики двигателя автомобиля и топливной экономичности

	n _e , об/мин											
	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800
N _e , кВт	14,94	25,09	35,60	46,07	56,07	65,19	73,01	79,12	83,08	84,50	82,95	78,00
N _e ', кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
M _e , Н·м	285,43	299,46	309,07	314,24	314,98	311,28	303,16	290,60	273,61	252,18	226,32	196,03
M _e ', Н·м	256,88	269,52	278,16	282,82	283,48	280,16	272,84	261,54	246,24	226,96	203,69	176,43
g _e , г/кВт·ч	324,55	301,26	283,47	271,19	264,40	263,12	267,33	277,05	292,28	313,00	339,23	370,95
G _T , кг/ч	4,85	7,56	10,09	12,49	14,82	17,15	19,52	21,92	24,28	26,45	28,14	28,93

Для определения часового расхода топлива воспользуемся формулой:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} \quad (6)$$

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 1.

На основе результатов расчетов таблицы, строим графики внешней скоростной характеристики двигателя.

2.2 Тяговый баланс автомобиля

«Тяговый баланс автомобиля - это совокупность графиков зависимостей силы тяги на ведущих колесах F_к, [Н] (на различных передачах), а также суммы сил сопротивления качению F_ф, [Н] и в автомобиля V_а, [км/ ч]. Графики сил тяги на колесах автомобиля строим для всех ступеней коробки перемены передач.» [3]

Кинематическая схема КПП и ГП показана на рисунке 3.

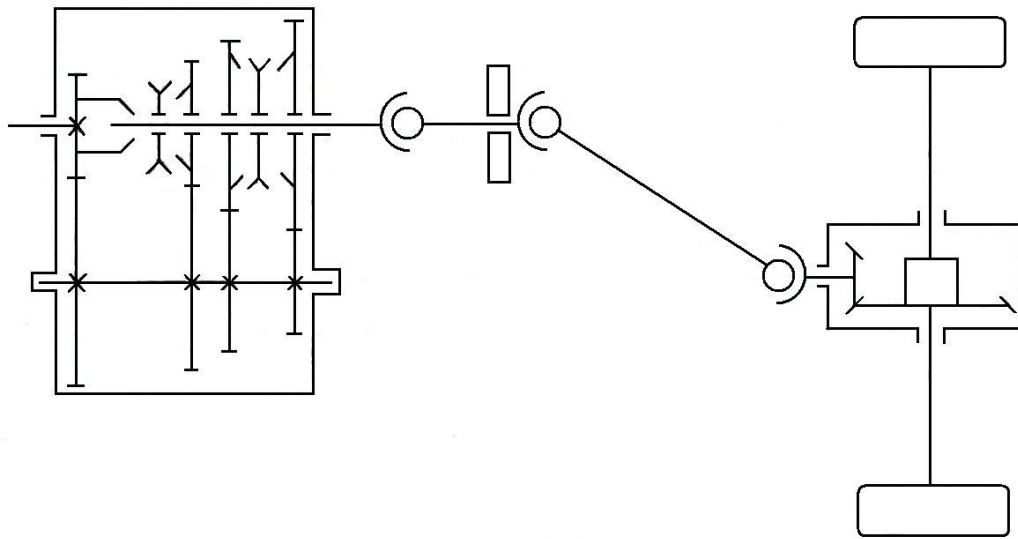


Рисунок 3 – Кинематическая схема трансмиссии

«Расчет сил тяги на колесах для каждой передачи – F_{ki} производится по формуле:

$$F_{ki} = \frac{M_e' \cdot \eta_{TP} \cdot U_{TP}}{r_k} \quad (7)$$

где η_{TP} - коэффициент полезного действия трансмиссии;

U_{TP} - передаточное число трансмиссии;

r_k - радиус качения колеса, [м].» [4]

«КПД трансмиссии автомобиля определяется на основании потерь мощности на трение:

$$\eta_{TP} = 0,98^K \cdot 0,97^L \cdot 0,99^M \quad (8)$$

где K - число пар цилиндрических шестерен в трансмиссии автомобиля, через которые передается крутящий момент на i -той передаче;

L - число пар конических или гипоидных шестерен;

М - число карданных шарниров.» [4]

«Для определения число пар цилиндрических шестерен в трансмиссии автомобиля, числа пар конических или гипоидных шестерен, числа карданных шарниров необходимо использовать кинематическую схему автомобиля. Данные заносим в таблицу 2.» [1]

Таблица 2 – Данные по трансмиссии транспортного средства

Передачи	К	L	М	$\eta_{тр}$
I	2	1	3	0,904
II	2	1	3	0,904
III	2	1	3	0,904
IV	0	1	3	0,9412

«Передаточное число трансмиссии автомобиля определяется как произведение:

$$U_{тр} = U_{кпп} \cdot U_{рк} \cdot U_{гп}, \quad (9)$$

где $U_{кпп}$ - передаточное число коробки перемены передач;

$U_{рк}$ - передаточное число раздаточной коробки или делителя;

$U_{гп}$ - передаточное число главной передачи.» [4]

Полученные значения передаточных чисел отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные значения передаточных чисел

Передачи	$U_{кпп}$	$U_{рк}$	$U_{гп}$	$U_{тр}$
I	6,55	1	6,17	40,4135
II	3,09			19,0653
III	171			10,5507
IV	1,00			6,17

«При расчетах радиусов качения колес, в качестве исходных данных, используют статический радиус - $r_{\text{стат}}$. При этом следует учитывать, что радиус качения r_k обычно несколько больше статического и определяется индивидуально для диагональных и радиальных шин. На автомобиле ГАЗ-33106 установлены радиальные шины, поэтому радиус качения колеса рассчитываем по следующей формуле:» [7]

$$r_k = 1,04 \cdot r_{\text{стат}}, \text{ м} \quad (10)$$

$$r_{\text{стат}} = 0,465$$

$$r_k = 1,04 \cdot 0,465 = 0,4836 \text{ м}$$

«При расчетах зависимостей силы тяги на колесах автомобиля крутящий момент двигателя нетто - M'_e берем из таблицы 1. Также для построения графика нам необходимо рассчитать скорость движения автомобиля на каждой передаче в зависимости от оборотов двигателя.» [15]

$$V_a = 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{U_{TP}} \quad (11)$$

Значения силы тяги на колесах и скорости автомобиля, рассчитанные для каждой передачи, заносим в таблицу 4.

Таблица 4 - Значения силы тяги на колесах и скорости автомобиля на четырех передачах

Обознач.	n _e , [об/мин]											
	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800
V _a	2,26	3,61	4,96	6,32	7,67	9,02	10,38	11,73	13,08	14,44	15,79	17,14
M _e '	256,88	269,52	278,16	282,82	283,48	280,16	272,84	261,54	246,24	226,96	203,69	176,43
F _k	19406,3	20360,8	21013,8	21365,4	21415,6	21164,5	20611,9	19758,0	18602,6	17145,9	15387,8	13328,2
V _a	4,78	7,65	10,52	13,39	16,26	19,13	21,99	24,86	27,73	30,60	33,47	36,34
M _e '	256,88	269,52	278,16	282,82	283,48	280,16	272,84	261,54	246,24	226,96	203,69	176,43
F _k	9155,0	9605,3	9913,3	10079,2	10102,9	9984,4	9723,8	9320,9	8775,9	8088,6	7259,2	6287,7
V _a	8,64	13,82	19,01	24,19	29,38	34,56	39,74	44,93	50,11	55,30	60,48	65,66
M _e '	256,88	269,52	278,16	282,82	283,48	280,16	272,84	261,54	246,24	226,96	203,69	176,43

Продолжение таблицы 4

Fк	5066,4	5315,5	5486	5577,8	5590,9	5525,3	5381,1	5158,2	4856,5	4476,2	4017,2	3479,6
Va	14,77	23,64	32,50	41,37	50,23	59,10	67,96	76,83	85,69	94,56	103,42	112,29
Me'	256,88	269,52	278,16	282,82	283,48	280,16	272,84	261,54	246,24	226,96	203,69	176,43
Fк	3084,7	3236,4	3340,2	3396,1	3404,1	3364,1	3276,3	3140,6	2956,9	2725,4	2445,9	2118,5

«Далее определяем силы сопротивления качению колес автомобиля по дорожному покрытию, используя выражение:

$$F_f = f \cdot m_a \cdot g, \quad (12)$$

где $m_a = 7850$ [кг] - масса полностью загруженного автомобиля;

$g = 9,81$ [м/с²] - ускорение свободного падения;

f - коэффициент сопротивления качению автомобильного колеса.» [5]

Величина коэффициента сопротивления качению колеса – f , зависит от скорости автомобиля.

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right) \quad (13)$$

«Коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля рассчитываем для двух типов дорог с асфальтобетонным покрытием и для грунтовой дороги.

$f_0 = 0,018$ - коэффициент сопротивления качению колес автомобиля по асфальтобетону;

$f_0 = 0,03$ - коэффициент сопротивления качению колес автомобиля по грунтовой дороге.» [15]

«Для расчета действующей на автомобиль силы сопротивления воздуха воспользуемся выражением вида:

$$F_w = K_g \cdot S_x \cdot \left(\frac{V_a}{3,6} \right)^2 \quad (14)$$

где K_g – коэффициент обтекаемости формы автомобиля;

S_x – площадь проекции автомобиля на плоскость перпендикулярную продольной оси, m^2 .

При известном значении безразмерного коэффициента аэродинамического сопротивления $C_x = 0,91$ можно определить значение коэффициента обтекаемости K_g :» [20]

$$K_g = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho_v, \text{ кг/м}^3 \quad (15)$$

где $\rho_v = 1,225 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха.

$$K_g = 0,5 \cdot 0,91 \cdot 1,225 = 0,557375 \text{ кг/м}^3$$

«Для нахождения площади Миделя автомобиля S_x воспользуемся выражением:

$$S_x = 0,78 \cdot V_a \cdot H, \text{ м}^2 \quad (16)$$

$V_a = 1,630 \text{ м}$ – колея передних колес;

$H = 2,905 \text{ м}$ – высота автомобиля.

$$S_x = 1,630 \cdot 2,905 = 4,73515 \text{ м}^2$$

Значение максимального значения скорости – $V_{a \text{ max}}$ выбираем таким, чтобы оно было примерно на 10% больше наибольшего значения скорости, определенного для высшей передачи.» [2]

«Значения предельных сил сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой определяются по формуле:

$$F_{\text{сц}} = m_{\text{к}} \cdot g \cdot \varphi \quad (17)$$

$m_{\text{к}} = 5815$ [кг] - масса автомобиля, приходящаяся на заднюю ось.» [7]

Сила сцепления ведущей задней оси рассчитана в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет силы сцепления ведущей задней оси

$F_{\text{сц}}$, Н	Коэффициент сцепления
45636,12	0,8
34227,09	0,6
22818,06	0,4
11409,03	0,2

Рассчитанные значения сил сопротивления движению заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Рассчитанные значения сил сопротивления движению

V_a , км/ч	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
f_1	0,018	0,01809	0,01836	0,01881	0,01944	0,02025	0,02124	0,02241	0,02376	0,02529	0,027	0,02889	0,03096	0,0332
Ff_1 , Н	1386,1	1393,08	1413,87	1448,53	1497,04	1559,42	1635,66	1725,76	1829,72	1947,54	2079,23	2224,77	2384,18	2557,4
f_2	0,03	0,03015	0,0306	0,03135	0,0324	0,03375	0,0354	0,03735	0,0396	0,04215	0,045	0,04815	0,0516	0,0553
Ff_2 , Н	2310,2	2321,80	2356,46	2414,21	2495,07	2599,03	2726,10	2876,26	3049,53	3245,90	3465,38	3707,95	3973,63	4262,4
F_w , Н	0	20,3646	81,4584	183,281	325,833	509,115	733,126	997,866	1303,33	1649,53	2036,46	2464,11	2932,50	3441,6
$F_w + Ff_1$, Н	1386,1	1413,44	1495,33	1631,81	1822,87	2068,53	2368,78	2723,62	3133,05	3597,07	4115,69	4688,89	5316,68	5999,0
$F_w + Ff_2$, Н	2310,2	2342,17	2437,91	2597,48	2820,9	3108,15	3459,22	3874,1	4352,87	4895,44	5501,84	6172,07	6906,14	7704

«График тягового баланса строим на основе данных, таблиц 4 и 6. На графике отмечаем два значения максимальных скоростей движения автомобиля V_{amax} на дороге с асфальтобетонным покрытием для двух высших передач.» [2]

2.3 Динамический фактор автомобиля

«Динамический фактор автомобиля представляет собой совокупность динамических характеристик, номограммы нагрузок автомобиля и графика контроля буксования его колес. Динамический фактор автомобиля дает представление о динамических свойствах автомобиля при заданных дорожных условиях и нагрузке автомобиля.

Динамическая характеристика – это зависимость динамического фактора автомобиля с полной нагрузкой от скорости его движения $D_i = f(V_a)$. Графики динамического фактора строят для тех же условий движения, что и графики тягового баланса, т.е. для каждой передачи i . Динамическим фактором D автомобиля называется отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля:» [19]

$$D_i = \frac{F_k - F_w}{m_a \cdot g} \quad (18)$$

«На графике динамической характеристики показываем также зависимость суммарного коэффициента сопротивления дороги $\psi = f(V_a)$, который в случае разгона автомобиля на ровной, горизонтальной поверхности дороги численно равен коэффициенту сопротивления качению:

$$\psi = f + \operatorname{tg}\alpha, \quad (19)$$

где α - угол подъема дороги.

Суммарный коэффициент сопротивления дороги в нашем случае равен коэффициенту сопротивления качения.

Полученные при расчетах динамического фактора автомобиля данные заносим в таблицу 7.» [2]

Значения коэффициентов суммарного сопротивления движению автомобиля приведены в таблице 8.

Таблица 7 – Значения параметров динамического фактора автомобиля на 1,2,3,4-ой передачах

	n_c , об/ мин	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800
1	V_{as} , км/ч	2,256	3,609	4,962	6,316	7,669	9,023	10,376	11,729	13,083	14,436	15,790	17,143
	$F_{w, H}$	1,036	2,653	5,015	8,123	11,978	16,578	21,925	28,017	34,856	42,440	50,771	59,847
	D_i	0,252	0,264	0,273	0,277	0,278	0,275	0,267	0,256	0,241	0,222	0,199	0,172
2	V_{as} , км/ч	4,781	7,650	10,519	13,388	16,257	19,126	21,994	24,863	27,732	30,601	33,470	36,339
	$F_{w, H}$	4,656	11,919	22,534	36,501	53,820	74,491	98,514	125,89	156,61	190,69	228,12	268,91
	D_i	0,119	0,125	0,128	0,130	0,130	0,129	0,125	0,119	0,112	0,103	0,091	0,078
3	V_{as} , км/ч	8,640	13,824	19,008	24,192	29,376	34,560	39,744	44,928	50,112	55,296	60,480	65,664
	$F_{w, H}$	15,202	38,918	73,579	119,18	175,73	243,23	321,68	411,07	511,40	622,68	744,91	878,08
	D_i	0,066	0,069	0,070	0,071	0,070	0,069	0,066	0,062	0,056	0,050	0,042	0,034
4	V_{as} , км/ч	14,774	23,639	32,504	41,369	50,233	59,098	67,963	76,827	85,692	94,557	103,42	112,28
	$F_{w, H}$	44,453	113,8	215,15	348,51	513,87	711,2	940,6	1202	1495,4	1820,8	2178,2	2567,6
	D_i	0,039	0,041	0,041	0,040	0,038	0,034	0,030	0,025	0,019	0,012	0,003	-0,006

Таблица 8 – Значение коэффициентов суммарного сопротивления движению автомобиля

V_a , км/ч	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
ψ_1	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,020	0,021	0,022	0,024	0,025	0,027	0,029	0,031	0,033
ψ_2	0,030	0,030	0,031	0,031	0,032	0,034	0,035	0,037	0,040	0,042	0,045	0,048	0,052	0,055

«С изменением веса автомобиля динамический фактор изменяется, чтобы не пересчитывать при каждом изменении нагрузки автомобиля величину динамического фактора, динамическую характеристику дополняют номограммой нагрузок. Для этого мы должны на графике добавить еще одну шкалу D_0 динамического фактора для автомобиля в снаряженном состоянии.

Масштаб для шкалы D_0 определяем по формуле:» [3]

$$a_0 = a_a \cdot \frac{m_0}{m_a} \quad (20)$$

«где a_a - масштаб шкалы динамического фактора для автомобиля с полной нагрузкой; $a_a = 0,01$

m_0 - собственная масса автомобиля в снаряженном состоянии, с учетом массы водителя (масса водителя 70 кг.). $m_0 = 3350+70 = 3420$ кг, $m_a = 7850$ кг.» [2]

$$\alpha_0 = 0,01 \cdot (3420/7850) = 0,0043$$

«Равнозначные деления шкал D_o и D_a соединяем прямыми линиями. График контроля буксования представляет собой зависимость динамического фактора по сцеплению колес автомобиля с дорогой от массы автомобиля. Он позволяет определить предельную возможность движения автомобиля при гарантии отсутствия буксования его колес.

Сначала по формулам, приведенным ниже, определяют предельные значения динамического фактора по сцеплению для автомобиля с полной нагрузкой - $D_{a_{сц}}$ и в снаряженном состоянии - $D_{o_{сц}}$ для реальных коэффициентов сцепления колес автомобиля с дорогой - φ_x , в диапазоне от $\varphi_x = 0,1 \div 0,8$ » [3]

$$D_{a_{сц}} = \frac{m_{сц}}{m_a} \cdot \varphi_x \quad (21)$$

$$D_{o_{сц}} = \frac{m_{o_{сц}}}{m_0} \cdot \varphi_x \quad (22)$$

«где $m_{сц} = 5815$ [кг] - масса, приходящаяся на заднюю ось при полной нагрузке;

$$m_a = 7850 \text{ [кг];}$$

$m_{o\text{ сц}} = 2015$ [кг] - масса, приходящаяся на заднюю ось в снаряженном состоянии;

$$m_o = 7850$$
 [кг].» [3]

«Рассчитываем значения динамического фактора по сцеплению для автомобиля с полной нагрузкой - $D_{a\text{ сц}}$ и в снаряженном состоянии - $D_{o\text{ сц}}$, полученные значения заносим в таблицу 9.» [7]

Таблица 9 – Расчетные значения динамического фактора по коэффициенту сцепления

Коэффициент сцепления	$D_{a\text{ сц}}$	$D_{o\text{ сц}}$
0,1	0,074	0,06
0,2	0,148	0,12
0,3	0,22	0,18
0,4	0,29	0,24
0,5	0,37	0,3
0,6	0,44	0,36
0,7	0,51	0,42
0,8	0,59	0,48

«Затем предельные значения динамического фактора $D_{a\text{ сц}}$ по сцеплению откладываем по оси D_a и полученные точки соединяем прямой штриховой линией. На каждой линии указываем величину коэффициента сцепления φ_x .

На графике динамической характеристики (Приложение) отмечаем значение максимальной скорости движения автомобиля $V_{a\text{ max}}$ на дороге с асфальтобетонным покрытием для высшей передачи.» [3]

2.4 Характеристика ускорений автомобиля

«Характеристика ускорений — это зависимость ускорений автомобиля от скорости $j_{ai} = f(V_a)$, m/c^2 , при его разгоне на каждой передаче.

Указанные зависимости строим для случая разгона полностью загруженного автомобиля, на ровной горизонтальной дороге с

асфальтобетонным покрытием. Величину ускорений при разгоне автомобилей рассчитываем из выражения:» [3]

$$j_{a\zeta} = \frac{(D-\psi)}{\delta_{вр}} g, \quad (23)$$

«где ψ - коэффициент суммарного дорожного сопротивления движения автомобиля по асфальтобетонному покрытию ($\psi = f$);

$\delta_{вр}$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс при разгоне автомобиля.» [2]

Коэффициент $\delta_{вр}$ рассчитываем по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{J_M \cdot U_{тр}^2 \cdot \eta_{тр} + J_K \cdot n}{m \cdot r_K^2} \quad (24)$$

«где $J_M = 0,550$ [кг/м²] - момент инерции маховика и разгоняющихся деталей двигателя;

$J_K = 8,330$ [кг/м²] - момент инерции колеса автомобиля;

$n = 6$ – общее число колес автомобиля.» [2]

Полученные при расчетах значения заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Значения ускорений, действующих при разгоне автомобиля на 1,2,3,4 передачах

	не, об/мин	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Va, км/ч	2,256	3,609	4,962	6,316	7,669	9,023	10,376	11,729	13,083	14,436	15,790	17,2
	Di	0,252	0,264	0,273	0,277	0,278	0,275	0,267	0,256	0,241	0,222	0,199	0,17
	ψ_1	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,01
	Di- ψ_1	0,234	0,246	0,255	0,259	0,260	0,257	0,249	0,238	0,223	0,204	0,181	0,15
	jai, м/с ²	1,562	1,645	1,701	1,731	1,735	1,713	1,664	1,589	1,488	1,361	1,208	1,02

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	V _a , км/ч	4,781	7,650	10,519	13,388	16,257	19,126	21,994	24,863	27,732	30,601	33,470	36,339
	D _i	0,119	0,125	0,128	0,130	0,130	0,129	0,125	0,119	0,112	0,103	0,091	0,07
	ψ ₁	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019	0,019	0,01
	D _i -ψ ₁	0,101	0,107	0,110	0,112	0,112	0,110	0,107	0,101	0,093	0,084	0,072	0,05
	j _{ai} , м/с ²	0,878	0,928	0,962	0,978	0,978	0,962	0,929	0,879	0,813	0,730	0,630	0,51
3	V _a , км/ч	8,640	13,824	19,008	24,192	29,376	34,560	39,744	44,928	50,112	55,296	60,480	65,6
	D _i	0,066	0,069	0,070	0,071	0,070	0,069	0,066	0,062	0,056	0,050	0,042	0,03
	ψ ₁	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,02
	D _i -ψ ₁	0,048	0,050	0,052	0,052	0,052	0,050	0,046	0,042	0,036	0,029	0,021	0,01
	j _{ai} , м/с ²	0,441	0,467	0,482	0,486	0,478	0,459	0,429	0,388	0,336	0,272	0,197	0,11
4	V _a , км/ч	14,774	23,639	32,504	41,369	50,233	59,098	67,963	76,827	85,692	94,557	103,42	112
	D _i	0,039	0,041	0,041	0,040	0,038	0,034	0,030	0,025	0,019	0,012	0,003	-0,00
	ψ ₁	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022	0,023	0,025	0,026	0,028	0,02
	D _i -ψ ₁	0,021	0,022	0,022	0,020	0,017	0,013	0,008	0,002	-0,006	-0,014	-0,024	-0,03
	j _{ai} , м/с ²	0,201	0,208	0,204	0,189	0,163	0,126	0,077	0,018	-0,053	-0,135	-0,228	-0,33

По данным таблицы 10 строим график ускорений, который выносится на лист графической части дипломного проекта.

2.5 Характеристика времени и пути разгона автомобиля

«Характеристика разгона представляет собой зависимости времени $t = f(V_a)$, с и пути $S = f(V_a)$, м, разгона полностью загруженного автомобиля, на отрезке ровного горизонтального шоссе с асфальтобетонным покрытием. При определении времени разгона воспользуемся графиком зависимости $j_{ai} = f(V_a)$.

Время движения автомобиля, при котором его скорость возрастает на величину ΔV_i , определяется по закону равноускоренного движения:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_i}{j_{cp}} = \frac{2 \cdot \Delta V_i}{3,6(j_{i-1} + j_i)} \quad (25)$$

«Величину интервала скоростей ΔV_i выбираем равной 3 км/час. При этом ускорение движения автомобиля на интервале скоростей интегрирования равно полусумме ускорений в начале и конце интервала.» [2]

Суммарное время разгона автомобиля на заданной передаче от минимальной скорости $V_{a \min}$ до максимальной скорости $V_{a \max}$ находим суммированием времени разгона на интервалах:» [3]

$$t = \sum_1^q \Delta t_i \quad (26)$$

где q – общее число интервалов.

«Время переключения передач принимаем равным 3 секунды и скорость движения автомобиля принимаем постоянной.

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 11.» [2]

Таблица 11 - Значения времени разгона автомобиля

ΔV_i , км/ч	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
j_{i-1} , м/с ²	0	1,575	1,728	1,724	1,575	1,26	0,972	0,945	0,9	0,846	0,72	0,666
j_i , м/с ²	1,575	1,728	1,724	1,575	1,26	1,207	0,945	0,9	0,846	0,72	0,666	0,477
Δt , с	1,05	0,504	0,482	0,505	0,587	0,6755	0,869	0,903	0,954	1,064	1,202	1,458
t , с		1,56	2,04	2,55	3,13	3,814	4,683	5,587	6,541	7,605	8,808	10,266
0,477	0,414	0,387	0,36	0,333	0,306	0,27	0,225	0,189	0,085	0,063	0,045	0,032
0,414	0,387	0,36	0,333	0,306	0,27	0,225	0,189	0,108	0,063	0,045	0,032	0,027
1,870	2,08	2,231	2,405	2,608	2,893	3,367	4,025	5,611	11,261	15,432	21,645	28,248
12,137	14,21	16,448	18,853	21,462	24,355	27,722	31,74	37,36	48,621	64,053	85,698	113,947

«Путь разгона автомобиля находим, используя результаты расчетов времени разгона (таблица 11).

При равноускоренном движении в интервале скоростей $\Delta V_i = V_i - V_{i-1}$ путь, проходимый автомобилем:» [2]

$$\Delta S_i = (V_{i-1} + V_i) \cdot \Delta t_i / 7,2 \quad (27)$$

«Путь, проходимый автомобилем при его разгоне, от минимальной скорости $V_{a \min} = 0$ до максимальной - $V_{a \max}$, находим, суммируя расстояния ΔS_i на интервалах:

$$S = \sum_1^q \Delta S_i \quad (28)$$

где q – общее число интервалов.

Путь, пройденный автомобилем за время t_{Π} переключения передачи с индексом i на передачу с индексом $i+1$ составляет:

$$\begin{aligned} \Delta S_{\Pi} &= V_{i \max} \cdot t_{\Pi} \\ \Delta S_{\Pi(1-2)} &= 15 \text{ м} \\ \Delta S_{\Pi(2-3)} &= 27 \text{ м} \\ \Delta S_{\Pi(3-4)} &= 51 \text{ м} \end{aligned} \quad (29)$$

Данные, полученные при расчете пути разгона автомобиля, заносим в таблицу 12.» [1]

Таблица 12 – Значения пути разгона автомобиля

$\Delta t, \text{ с}$	1,0582	0,5045	0,4828	0,5052	0,5878	0,6755	0,8694	0,90334	0,9545	1,0642	1,2025	1,4581
$V_{i-1} + V_i, \text{ км/ч}$	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	63	69
$\Delta S_i, \text{ м}$	0,4409	0,6307	1,0058	1,4735	2,2045	3,0964	4,7093	5,6458	6,7614	8,4255	10,5218	13,9739
$S, \text{ м}$		1,0716	1,6365	2,4793	3,678	5,301	7,8057	10,3552	12,4073	15,187	18,9474	24,4958

По данным таблиц 11 и 12 строим график времени и пути разгона автомобиля, который выносится на лист графической части.

2.6 Мощностной баланс автомобиля

«Мощностной баланс автомобиля представляет собой совокупность зависимостей мощностей на ведущих колесах автомобиля $N_{ki} = f(V_a)$, [кВт], для всех передаточных чисел трансмиссии, мощностей сопротивления дороги $N_{\psi} = f(V_a)$, [кВт] и воздуха $N_w = f(V_a)$, [кВт], от скорости движения V_a , [км/ч].

Развиваемую на коленчатом валу двигателя мощность нетто - $N_e' = 0,9 \cdot N_e$ берем из таблицы 1.

Определим мощность, приведенную от двигателя к колесам автомобиля, на каждой передаче в КПП с учетом потерь в трансмиссии:» [3]

$$N_{ki} = N_e' \cdot \eta_{TP}$$

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 13.

Таблица 13 – Значения мощности на колесах автомобиля на 1, 2, 3, 4 передачах

пер- чи	пе, об/мин	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800
1	V_a , км/ч	2,26	3,61	4,96	6,32	7,67	9,02	10,38	11,73	13,08	14,44	15,79	17,14
	N_e' , кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
	N_k , Н	12,16	20,41	28,96	37,48	45,62	53,04	59,40	64,37	67,60	68,75	67,48	63,46
2	V_a , км/ч	4,78	7,65	10,52	13,39	16,26	19,13	21,99	24,86	27,73	30,60	33,47	36,34
	N_e' , кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
	N_k , Н	12,16	20,41	28,96	37,48	45,62	53,04	59,40	64,37	67,60	68,75	67,48	63,46
3	V_a , км/ч	8,64	13,82	19,01	24,19	29,38	34,56	39,74	44,93	50,11	55,30	60,48	65,66
	N_e' , кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
	N_k , Н	12,16	20,41	28,96	37,48	45,62	53,04	59,40	64,37	67,60	68,75	67,48	63,46
4	V_a , км/ч	14,77	23,64	32,50	41,37	50,23	59,10	67,96	76,83	85,69	94,56	103,4 2	112,2 9
	N_e' , кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
	N_k , Н	12,66	21,25	30,16	39,02	47,50	55,22	61,85	67,02	70,38	71,58	70,26	66,07

Определяем мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления воздуха:

$$N_w = \frac{F_w \cdot V_a}{3600} \quad (30)$$

Определяем мощность суммарного сопротивления дороги из выражения:

$$N_\psi = \frac{F_\psi \cdot V_a}{3600} \quad (31)$$

$$F_\psi = F_f + F_\alpha, \quad (32)$$

«где F_α - сила, затрачиваемая на преодоление автомобилем подъема. Поскольку расчет мощностного баланса ведется для случая разгона полностью загруженного автомобиля на ровной горизонтальной опорной поверхности дороги ($F_\alpha = 0$), выражение учитывает только силу сопротивления качению F_f .

Рассчитанные значения заносим в таблицу 14.» [3]

Таблица 14 – Значения мощности, затрачиваемой автомобилем на сопротивление движению

Va, км/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Ff ₁ , Н	1393	1413,8	1448,5	1497,0	1559,4	1635,6	1725,7	1829,7	1947,5	2079,2	2224,7	2384,1	2557,4
Nf ₁ , кВт	3,87	7,85	12,07	16,63	21,66	27,26	33,56	40,66	48,69	57,76	67,98	79,47	92,35
Ff ₂ , Н	2321,8	2356,4	2414,2	2495,0	2599,	2726,1	2876,2	3049,5	3245,9	3465,3	3707,9	3973,6	4262,4
Nf ₂ , кВт	6,45	13,09	20,12	27,72	36,10	45,44	55,93	67,77	81,15	96,26	113,30	132,45	153,92
Nw, кВт	0,06	0,45	1,53	3,62	7,07	12,22	19,40	28,96	41,24	56,57	75,29	97,75	124,28
Nw+Nf ₁ кВт	3,93	8,31	13,60	20,25	28,73	39,48	52,96	69,62	89,93	114,32	143,27	177,22	216,63
Nw+Nf ₂ кВт	6,51	13,54	21,65	31,34	43,17	57,65	75,33	96,73	122,39	152,83	188,59	230,20	278,20

«График мощностного баланса автомобиля строим для каждой передачи КПП. На графике отмечаем:

- значение максимальной скорости движения автомобиля $V_{a \max}$ на дороге с асфальтобетонным покрытием для высшей передачи;
- графики мощности, подведенной от двигателя к колесам автомобиля - N_K ;
- графики мощности двигателя нетто на коленчатом валу N_e' .» [2]

2.7 Топливо-экономическая характеристика автомобиля

«Топливо-экономическая характеристика автомобиля позволяет определять расход топлива в зависимости от скорости его движения. Она представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости автомобиля $Q_s = f(V_a)$. Этот график характеризует топливную экономичность автомобиля при его движении с постоянной скоростью и позволяет определить расход топлива при известных значениях этой скорости V_a и суммарной мощности сопротивлений дороги N_ψ и воздуха N_w . Графики топливо-экономической характеристики автомобиля строим для его движения на двух высших передачах, с полной нагрузкой, для двух типов дорог. Расчет топливо-экономической характеристики ведем на основе тягового баланса автомобиля, функции зависимости удельного расхода топлива $g_e = f(n_e)$.» [5]

Сначала рассчитываем часовой расход топлива по формуле:

$$G_T = \frac{g_e \cdot K_v \cdot (N_\psi + N_w)}{1000 \cdot \eta_{тр}} \quad (33)$$

«где g_e – функция зависимости удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя, г/кВт·ч берем из таблицы 1;

$N_\psi + N_w$ - суммарная мощность сопротивления движению автомобиля, кВт;

K_u - коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива - g_e в зависимости от коэффициента использования мощности двигателя U .» [2]

«Численные значения коэффициента K_u рассчитываем с помощью эмпирической формулы:

$$K_u = 4,4244 \cdot U^2 - 7,0872 \cdot U + 3,6817 \quad (34)$$

Коэффициент использования мощности двигателя U рассчитываем по следующей формуле:

$$U = \frac{N_v + N_w}{N_e \cdot \eta_p}, \quad (35)$$

Значения путевого расхода топлива определяем по выражению:

$$Q_s = \frac{100 \cdot G_T}{V_a \cdot \rho_T} \quad (36)$$

где $\rho_T = 0,73$, [г/см³] - плотность бензина;

Полученные при расчетах топливно-экономической характеристики значения для двух высших передач и для двух типов дорожного покрытия заносим в таблицы 15.» [5]

Таблица 15 – Значения путевого расхода топлива автомобиля ГАЗ-33106 на 3, 4 передачах при движении автомобиля по асфальтобетону

пе, об/мин	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800	4100	4400
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V_a , км/ч	8,64	13,82	19,01	24,19	29,38	34,56	39,74	44,93	50,11	55,30	60,48	65,66	70,85	76,03
N_{ψ} , кВт	3,34	5,37	7,45	9,59	11,80	14,10	16,51	19,05	21,72	24,55	27,55	30,73	34,13	37,74

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nw, кВт	0,04	0,15	0,39	0,80	1,43	2,34	3,55	5,13	7,12	9,56	12,51	16,02	20,12	24,86
(Nψ+Nw)/ηГР, кВт	3,73	6,11	8,67	11,49	14,64	18,18	22,19	26,74	31,90	37,73	44,32	51,72	60,00	69,25
Ne', кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20	62,33	50,65
U	0,28	0,27	0,27	0,28	0,29	0,31	0,34	0,38	0,43	0,50	0,59	0,74	0,96	1,37
ge, г/кВт·ч	324,5	301,2	283,4	271,1	264,4	263,1	267,3	277	292,2	313	339,2	370,9	408,1	450,9
Ku	2,06	2,09	2,09	2,06	2,00	1,91	1,79	1,64	1,46	1,25	1,03	0,86	0,96	2,26
GT, кг/ч	2,49	3,84	5,13	6,41	7,73	9,14	10,64	12,18	13,64	14,82	15,54	16,53	23,50	70,64
Qs, л/100км	39,49	38,08	36,98	36,30	36,06	36,22	36,66	37,14	37,30	36,70	35,20	34,49	45,43	127,2
ne, об/мин	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800	4100	4400
Va, км/ч	14,77	23,64	32,50	41,37	50,23	59,10	67,96	76,83	85,69	94,56	103,4	112,2	121,1	130
Nψ, кВт	5,75	9,36	13,18	17,29	21,78	26,73	32,21	38,31	45,11	52,68	61,12	70,49	80,88	92,37
Nw, кВт	0,18	0,75	1,94	4,00	7,17	11,68	17,76	25,65	35,60	47,82	62,58	80,09	100,5	124,3
(Nψ+Nw)/ηГР, кВт	6,30	10,73	16,06	22,63	30,76	40,80	53,09	67,96	85,75	106,7	131,4	159,9	192,8	230,2
Ne', кВт	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20	62,33	50,65
U	0,47	0,48	0,50	0,55	0,61	0,70	0,81	0,95	1,15	1,40	1,76	2,28	3,09	4,55
ge, г/кВт·ч	324,5	301,2	283,4	271,1	264,4	263,1	267,3	277	292	313	339,2	370,9	408,1	450,9
Ku	1,33	1,31	1,24	1,13	1,01	0,89	0,84	0,95	1,37	2,45	4,92	10,51	24,10	62,89
GT, кг/ч	2,72	4,24	5,65	6,94	8,18	9,58	11,98	17,85	34,40	82,01	219,2	623,6	1896	6528
Qs, л/100км	25,26	24,59	23,81	22,99	22,30	22,22	24,14	31,82	54,99	118,8	290,3	760,8	2144	6878

Значения путевого расхода топлива автомобиля ГАЗ-33106 на 3, 4 передачах при движении автомобиля по грунту приведены в таблице 16.

ne, [об/мин]	500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800	4100	4400
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Va, [км/ч]	8,64	13,82	19,01	24,19	29,38	34,56	39,74	44,93	50,11	55,30	60,48	65,66	70,85	76,03
Nψ, [кВт]	5,57	8,96	12,42	15,98	19,67	23,50	27,52	31,74	36,20	40,91	45,91	51,22	56,88	62,90
Nw, [кВт]	0,04	0,15	0,39	0,80	1,43	2,34	3,55	5,13	7,12	9,56	12,51	16,02	20,12	24,86
(Nψ+Nw)/ηГР, [кВт]	6,20	10,07	14,17	18,56	23,34	28,58	34,37	40,79	47,92	55,84	64,63	74,38	85,17	97,08
Ne', [кВт]	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20	62,33	50,65
U	0,46	0,45	0,44	0,45	0,46	0,49	0,52	0,57	0,64	0,73	0,87	1,06	1,37	1,92
ge, [г/кВт·ч]	324,5	301,2	283,4	271,1	264,4	263,1	267,3	277,0	292,2	313	339,2	370,9	408,1	450,9
Ku	1,36	1,40	1,41	1,40	1,35	1,28	1,19	1,07	0,96	0,86	0,86	1,14	2,26	6,35
GT, [кг/ч]	2,73	4,25	5,67	7,02	8,33	9,62	10,89	12,13	13,40	15,09	18,90	31,44	78,53	278
Qs, [л/100км]	43,22	42,11	40,89	39,78	38,85	38,13	37,53	37,00	36,64	37,37	42,81	65,59	151,8	500,9

Продолжение таблицы 16

V_a , [км/ч]	14,77	23,64	32,50	41,37	50,23	59,10	67,96	76,83	85,69	94,56	103,42	112,29
N_{ψ} , [кВт]	9,58	15,59	21,96	28,82	36,30	44,55	53,69	63,85	75,18	87,81	101,86	117,48
N_w , [кВт]	0,18	0,75	1,94	4,00	7,17	11,68	17,76	25,65	35,60	47,82	62,58	80,09
$(N_{\psi}+N_w)/\eta_{\text{пр}}$, [кВт]	10,38	17,36	25,40	34,87	46,19	59,74	75,91	95,10	117,70	144,11	174,71	209,91
N_e , [кВт]	13,45	22,58	32,04	41,46	50,46	58,67	65,71	71,20	74,78	76,05	74,65	70,20
U	0,77	0,77	0,79	0,84	0,92	1,02	1,16	1,34	1,57	1,89	2,34	2,99
g_e , [г/кВтч]	324,55	301,26	283,47	271,19	264,40	263,12	267,33	277,05	292,28	313,00	339,23	370,95
K_u	0,85	0,85	0,84	0,85	0,90	1,05	1,40	2,11	3,49	6,14	11,33	22,05
GT_2 , [кВтч]	2,85	4,44	6,08	8,05	11,01	16,54	28,39	55,54	119,99	276,88	671,46	1716,8
Q_s , [л/100км]	26,46	25,71	25,60	26,64	30,02	38,34	57,21	99,04	191,81	401,11	889,38	2094,5

В разделе был выполнен тяговый расчет транспортного средства. Рассчитана мощность и крутящий момент двигателя на различных оборотах. Произведен расчет динамики разгона и ускорений, исходя из передаточных чисел коробки передач и главной передачи. Произведен расчет силового баланса и определена максимальная скорость транспортного средства. Исходя из определенных ранее параметров, определен путь и время разгона. Рассчитана топливная экономичность транспортного средства. Результаты тягового расчета в виде графиков вынесены на лист графической части.

3 Конструкторская разработка механизма блокировки межколесного дифференциала автомобиля ГАЗ-33106

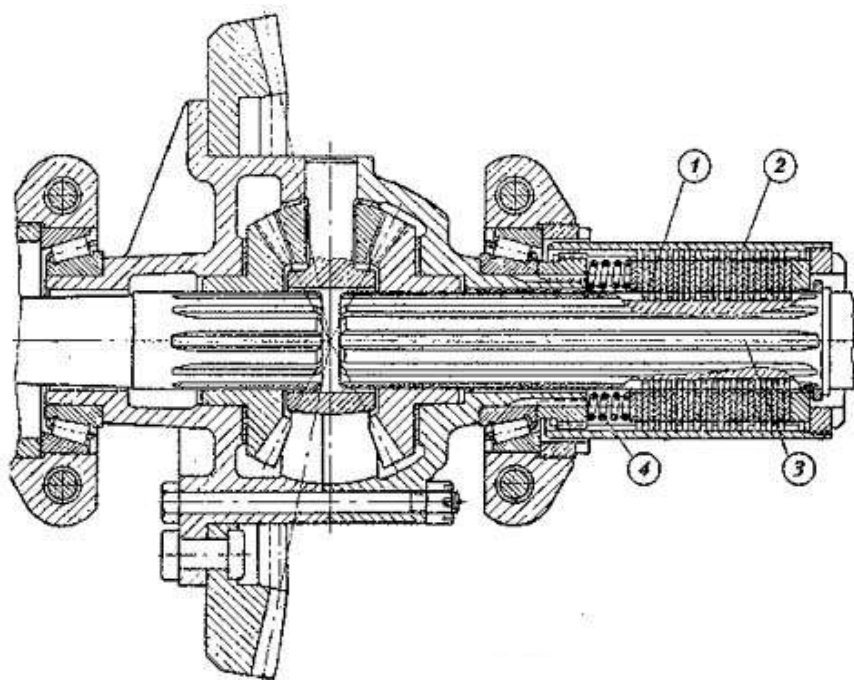
3.1 Разработка структурной схемы трансмиссии проектируемого автомобиля

В рамках дипломного проекта будет производиться разработка самоблокирующейся муфты межколесного дифференциала автомобиля ГАЗ-33106. Для разработки конструкции дифференциала необходимо произвести обзор конструкций наиболее характерных для данного вида узлов автомобилей.

«Существуют две наиболее характерные конструкции самоблокирующихся дифференциалов с фрикционными муфтами. В первом применяют одну, во втором - две муфты. В первом случае фрикционная дисковая муфта 1 введена между одной из полуосей и коробкой дифференциала (рисунок 4). Бронзовые диски установлены в шлицах гильзы 2, связанной с коробкой дифференциала, стальные диски сидят на шлицах полуоси 3. Диски прижимаются друг к другу пружинами 4. Когда оба колеса испытывают одинаковое сопротивление, весь дифференциал вращается как одно целое и трение в муфте 1 отсутствует.» [7]

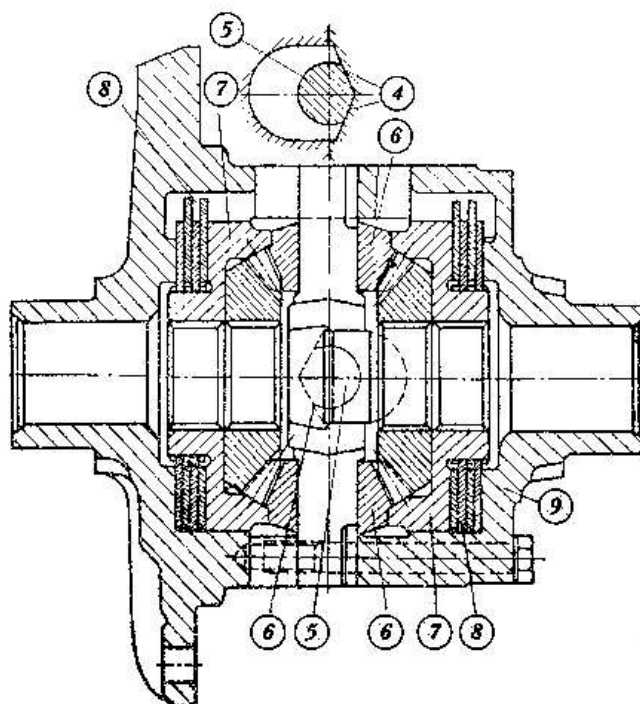
«Вторая конструкция представляет из себя дифференциал повышенного трения с двойными фрикционными муфтами, получивший широкое распространение на автомобилях, производимых в Америке (рисунок 5).» [20]

Оба типа редуктора находят свое применение на транспортных средствах повышенной проходимости. Наша задача при проведении предварительного анализа выявить тот тип конструкции, который при изготовлении будет иметь наименьшую металлоемкость и технологичность конструкции, приемлемую для мелкосерийного производства.



1 – фрикционная дисковая муфта; 2 – гильза; 3 – полуось; 4 – пружины

Рисунок 4 – Самоблокирующийся дифференциал с одной муфтой



5 – оси; 6 – сателлиты; 7 – промежуточные чашки; 8 – фрикционы;

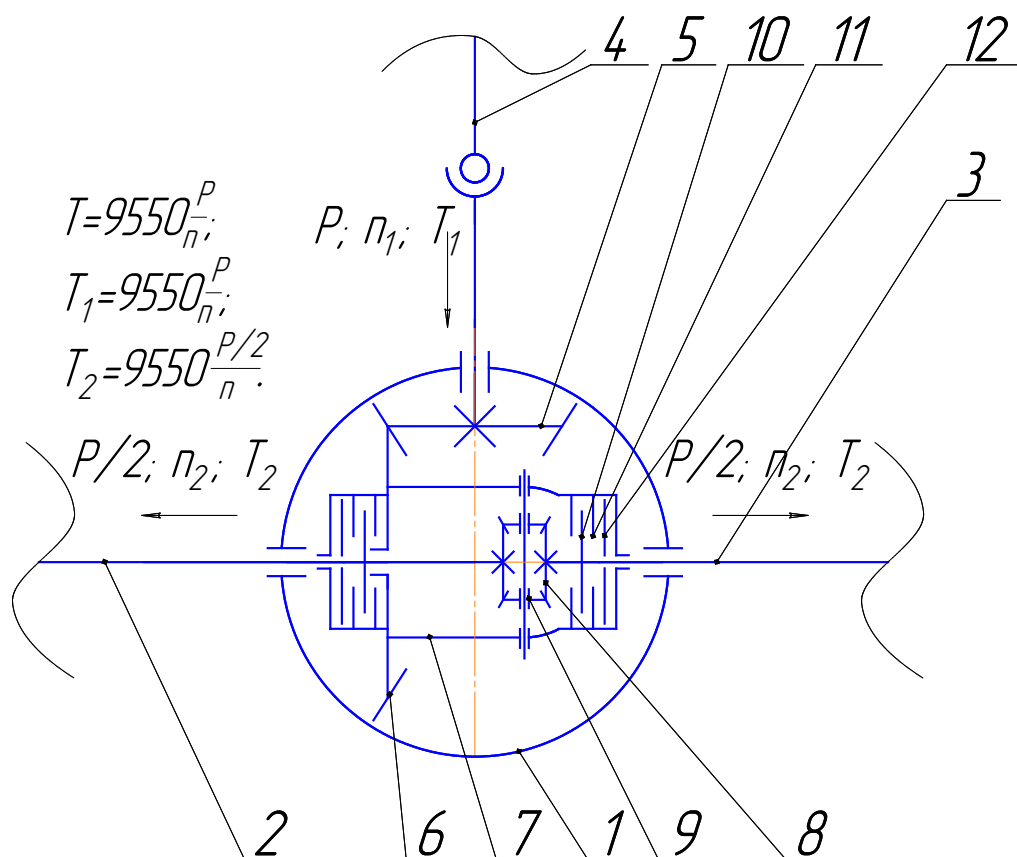
9 – корпус

Рисунок 5 – Самоблокирующийся дифференциал с двумя муфтами

«В конструкции на рисунке 5 крестовина заменена двумя отдельными, пересекающимися под прямым углом осями 5 сателлитов 6. Оси 5 имеют возможность перемещаться одна относительно другой как в осевом, так и в угловом направлении, для чего их концы имеют скосы соответственно А и Б, которыми они опираются на коробку 9 дифференциала. Кроме того, в дифференциал введены промежуточные чашки 7, так же как и полуосевые шестерни, надетые на шлицы полуосей. При не вращающихся сателлитах усилие к полуосям передается как и в простом дифференциале. При вращении сателлитов последние будут сдвигать концевые скосы осей 5 так, что усилие на фрикционную муфту 8, передаваемое через чашку 7, будет увеличиваться для отстающей полуоси и уменьшаться для оси, вращающейся быстрее. При этом величина подтормаживающего момента не будет постоянной, как в дифференциале с одной дисковой муфтой, а будет пропорциональна моменту, передаваемому колесами.» [16]

Наиболее перспективная с точки зрения технологичности изготовления и компактности размещения в картере заднего моста будет являться конструкция самоблокирующегося дифференциала конструкции, представленной на рисунке 5. Данный тип конструкции, принцип действия которого основан на срабатывании муфты свободного трения при проскальзывании. В результате свободного трения, диски муфты нагреваются и расширяются, выбирая зазор между дисками. В результате происходит защемление дисков, дифференциал блокируется и распределение крутящего момента происходит равномерно между обеими полуосями.

Структурную схему проектируемого самоблокирующегося дифференциала представим в виде рисунка 6.



- 1 - корпус заднего моста; 2 - полуось левая; 3 - полуось правая; 4 - карданная передача; 5 - ведущая шестерня; 6 - ведомая шестерня; 7 - корпус дифференциала; 8 - конические шестерни дифференциала; 9 - сателлиты;
10 - ведомые диски; 11 - ведущие диски; 12 - нажимные чашки

Рисунок 6 – Структурная схема самоблокирующегося дифференциала

«Отличием от дифференциала обычной компоновки дифференциал проектируемой конструкции является замена крестовины двумя осями сателлитов, которые пересекаются под прямыми углами. Оси могут перемещаться относительно друг друга в осевом и угловом направлениях. В дифференциале имеются промежуточные чашки, которые связаны со шлицами полуосей. При неподвижных сателлитах усилие на полуоси передается таким же образом, как в дифференциале традиционной конструкции. При вращении сателлитов, концы полуосей смещаются таким образом, что усилие увеличивается для отстающей по скорости оси и увеличивается для оси, которая имеет большую угловую скорость.» [4]

При этом, возникает подтормаживающий момент, который выравнивает угловые скорости полуосей, передавая таким образом крутящий момент на неподвижное колесо.

3.2 Прочностные расчёты разрабатываемой конструкции

3.2.1 Расчёт главной передачи

«Рассчитаем главную передачу.

Определение диаметра внешней делительной окружности колеса:

$$d_{e2} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_2 \cdot U}{[\sigma]_H^2 \cdot V_H}}, \quad (37)$$

где d_{e2} – диаметр внешней делительной окружности колеса, мм;

K_H – коэффициент нагрузки $K_H = 1,5$;

T_2 – крутящий момент на колесе, Н·м;

$[\sigma]_H$ – допустимое напряжение на контактную прочность, $[\sigma]_H = 2500,0$

МПа [5];

V_H – коэффициент понижения контактной прочности конической передачи,» [13]

$$V_H = 0,81 + 0,15 \cdot 6,17 = 1,74$$

$$T_2 = \frac{T_{ДВ} \cdot \eta_{ТР} \cdot U_{ТР}}{2} = \frac{491,0 \cdot 0,85 \cdot 40,41}{2} = 8641,23 \text{ Н м.}$$

$$d_{e2} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 8641,23 \cdot 6,17}{2500,0^2 \cdot 1,74}} = 320,87 \text{ мм.}$$

Назначаем: 315,0 мм.

Назначаем число зубьев шестерен:

$$d_{e1} = \frac{d_{e2}}{u} = \frac{315,0}{6,17} = 51,05 \text{ мм}, \quad (38)$$

$$Z_H^1 = 15 \Rightarrow Z_1 = Z_H^1 = 15. \quad (39)$$

Определение числа зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U = 15 \cdot 6,17 = 92,55 \approx 93. \quad (40)$$

Определение торцевого модуля:

$$m_{te} = \frac{d_{e2\text{станд}}}{Z_2} = \frac{315,0}{93,0} = 3,40. \quad (41)$$

Назначаем 3,50 мм [5].

Уточнение диаметра делительной окружности колеса.

$$d_{e2} = m_{te\text{станд}} \cdot Z_2 = 3,50 \cdot 93 = 325,50 \text{ мм}, \quad (42)$$

$$\Delta d_{e2} = \frac{d_{e2} - d_{e2\text{станд}}}{d_{e2\text{нмд}}} \cdot 100\% \leq 4\%, \quad (43)$$

$$\Delta d_{e2} = \frac{325,50 - 315,0}{315,0} \cdot 100\% = 3,33\% < 4,0\%.$$

Определение фактического передаточного числа:

$$Z_2 = \frac{d_{e2стнд}}{m_{тестанд}} = \frac{315,0}{3,50} = 90,0, \quad (44)$$

$$Z_1 = \frac{Z_2}{U} = \frac{90,0}{6,17} = 14,5867 \approx 15, \quad (45)$$

$$U_{факт} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{90,0}{15,0} = 6,0. \quad (46)$$

Определение внешнего конусного расстояния:

$$R_e = 0,5 \cdot m_{te} \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0,5 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{15^2 + 90^2} = 159,67 \text{ мм.} \quad (47)$$

Определение ширины колёс и углов наклона образующих делительных конусов:

$$b = K_{ec} \cdot R_e = 0,25 \cdot 160,0 = 4,0 \text{ мм,} \quad (48)$$

где K_{ec} – коэффициент ширины, $K_{ec} = 0,25$

$$\delta_2 = \arctg \cdot U_{факт} = \arctg 6,0 = 80,54^0, \quad (49)$$

$$\delta_1 = 90^0 - 80,54^0 = 9,46^0$$

Определение диаметров колёс:

$$d_{e1} = m_{te} \cdot Z_1 = 3,5 \cdot 15,0 = 52,50 \text{ мм,} \quad (50)$$

$$d_{e2} = m_{te} \cdot Z_2 = 3,5 \cdot 90 = 315,0 \text{ мм.} \quad (51)$$

Внешние диаметры:

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 \cdot (1 + X_1) \cdot m_{te} \cdot \cos \delta_1 = 52,50 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 3,5 \cdot \cos 9,46^\circ = 59,40 \text{ мм}, \quad (52)$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2 \cdot (1 + X_2) \cdot m_{te} \cdot \cos \delta_2 = 315,0 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 3,5 \cdot \cos 80,54^\circ = 316,15 \text{ мм}. \quad (53)$$

Определение усилий в зацеплении.

Окружное усилие на шестерне и колесе:

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{e1} \cdot (1 - 0,5K_{\text{вс}})}, \quad (54)$$

«где F_{t1}, F_{t2} – окружное усилие, кН;

T_1 – крутящий момент на шестерне, $T_1 = 100,0$ Н м;

d_{e1} – делительный диаметр шестерни, $d_{e1} = 52,50$ мм;

$K_{\text{вс}}$ – коэффициент ширины $K_{\text{вс}} = 0,25$.» [13]

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2 \cdot 100,0}{52,50 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,25)} \cdot 10^3 = 4353,74 \text{ Н}.$$

Осевое усилие на шестерне:

$$F_{a1} = F_t \cdot \gamma_a = 4353,74 \cdot 0,763 = 3321,90 \text{ Н},$$

$$\gamma_a = 0,44 \cdot \sin \delta_1 + 0,7 \cdot \cos \delta_1 = 0,44 \cdot \sin 9,46^\circ + 0,7 \cos 9,46^\circ = 0,763, \quad (55)$$

$$\gamma_r = 0,44 \cdot \cos \delta_1 - 0,7 \cdot \sin \delta_1 = 0,44 \cdot \cos 9,46^\circ - 0,7 \sin 9,46^\circ = 0,319. \quad (56)$$

Радиальное усилие на шестерне:

$$F_{r1} = F_t \cdot \gamma_r = 4353,74 \cdot 0,319 = 1388,84 \text{ Н.} \quad (57)$$

Осевое усилие на колесе:

$$F_{a2} = F_{r1},$$

$$F_{a2} = 1388,84 \text{ Н}$$

Радиальное усилие на колесе:

$$F_{r2} = F_{a1},$$

$$F_{r2} = 3321,90 \text{ Н}$$

Проверка прочности зубьев на изгиб:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{F_1}} \text{ и } \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{F_2}}, \quad (58)$$

где Y_{F_1}, Y_{F_2} – коэффициенты формы зуба, соответствующие эквивалентному числу зубьев Z_{V1}, Z_{V2} ,

$$Z_{V1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1 \cdot \cos^3 \beta_m} = \frac{15}{\cos 9,46^\circ \cdot \cos^3 35^\circ} = 27,67;$$

$$Z_{V2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2 \cdot \cos^3 \beta_m} = \frac{90}{\cos 80,54^\circ \cdot \cos^3 35^\circ} = 996,22;$$

$$\frac{350,0}{4,0} \text{ и } \frac{350,0}{4,77}, \quad 87,5 > 73,38.$$

Проверочный расчёт ведём по колесу:

$$\sigma_{F_2} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot Y_{F_2} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot T_2}{\sigma \cdot d_{e2} \cdot m_{te} \cdot V_{F2}} \leq [\sigma]_{F_2}, \quad (59)$$

где $K_{F\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки при изгибе.

$$K_{F\beta} = 1 + (K_{H\beta} - 1) \cdot 1,5 = 1 + (1,03 - 1) \cdot 1,5 = 1,05, \quad (60)$$

K_{FV} – коэффициент динамической нагрузки.

Для его определения нужно определить окружную скорость колеса V , м/с;

$$V = \frac{\pi \cdot d_{e2} \cdot (1 - 0,5 \cdot K_{ge}) \cdot n_2}{6 \cdot 10^4} = \frac{3,14 \cdot 315,0 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,25) \cdot 375,0}{6 \cdot 10^4} = 5,41 \text{ м/с.} \quad (61)$$

«Назначаем 8 степень точности и по степени точности с понижением на 1. $K_{FV} = 1,03$, $K_{HV} = 1,02$ $V_{F2} = 1,1$ » [13],

$$\sigma_{F2} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 4,77 \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 8641,23}{40,0 \cdot 315,0 \cdot 3,5 \cdot 1,1} = 2481,15 \text{ МПа,}$$

$[\sigma]_{F2} = 2500,0 \text{ МПа} > \sigma_{F2} = 2481,15 \text{ МПа}$ – условие выполняется.

Проверка зубьев колёс на контактную прочность:

$$\sigma_H = 67 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot U \cdot T_2}{V_H \cdot d_{e2}^3}} \leq [\sigma]_H, \quad (62)$$

$$\sigma_H = 6,7 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{1,03 \cdot 1,02 \cdot 6,0 \cdot 8641,23}{1,74 \cdot 315,0^3}} = 2120,39 \text{ МПа,}$$

$[\sigma]_H = 2500,0 \text{ МПа} > 2120,39 \text{ МПа}$ МПа – условие выполняется.

3.2.2 Расчёт дифференциала

«Окружная сила, действующая на один сателлит» [13]:

$$P_C = \frac{M_{\max} \cdot u_{k1} \cdot u_{\Gamma}}{2 \cdot r_1 \cdot n_C}, \quad (63)$$

где r_1 - радиус приложения окружной силы, $r_1 = 0,028$ м;

n_c - число сателлитов, $n_c = 4$.

$$P_c = \frac{8641,23 \cdot 1,60 \cdot 6,0}{2 \cdot 0,028 \cdot 4} \cdot 10^{-6} = 0,370 \text{ МН.}$$

Напряжение изгиба в зубьях полуосевых шестерён и сателлитов:

$$\sigma_{изг} = 0,36 \cdot \frac{P_c}{b \cdot m_n \cdot y} = 0,36 \cdot \frac{0,370}{0,020 \cdot 0,003 \cdot 1,0} = 222,0 \text{ МПа} < 500 \text{ МПа.} \quad (64)$$

Условие соблюдения условий прочности выполняется.

3.2.4 Расчёт многодискового фрикциона

«Весь расчёт многодискового фрикциона сводится к определению радиуса и количества дисков фрикциона.

При пробуксовывании одного из задних колёс срабатывает система самоблокирования. Передаваемый крутящий момент ограничивается моментом трения фрикционов:

$$M_c = T \cdot z \cdot R_{cp} = \mu \cdot Q \cdot z \cdot R_{cp}, \quad (65)$$

где T - окружная сила трения, действующая между одной парой трущихся поверхностей, кН;

z - число пар поверхностей трения, $z = 15$;

R_{cp} - плечо силы T , м;

μ - коэффициент трения ($\mu = 0,30 \dots 0,35$) [10];

Q - суммарная сила, создаваемая механическим усилителем, кН/м;»

[13]

$$R_{cp} = 0,5 \cdot (R_H + R_B), \quad (66)$$

где R_H и R_B – соответственно наружный и внутренний радиусы фрикционов, $R_H = 0,036$ м, $R_B = 0,021$ м (конструктивно).

$$R_{CP} = \frac{0,036 + 0,021}{2} = 0,029 \text{ м.}$$

«Чтобы устройство в заблокированном состоянии не пробуксовывало, максимальный момент трения в нем M_c должен в β раз превышать максимальный крутящий момент на полуоси (T_2 – крутящийся момент на колесе, $T_2 = 8461,23 \text{ Н}\cdot\text{м}$) $M_{e\max} = T_2 = 8461,23 \text{ Н}\cdot\text{м}$.» [13]

Следовательно, суммарная сила:

$$Q = \frac{2 \cdot \beta \cdot M_{e\max}}{\mu \cdot (R_H + R_B)}, \quad (67)$$

«где β – коэффициент запаса сцепления $\beta = 1,50$ » [13].

$$Q = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 8,46}{0,32 \cdot (0,047 + 0,028)} = 1057,50 \text{ кН/м}$$

$$M_C = 0,32 \cdot 1057,50 \cdot 15 \cdot 0,029 = 147,20 \text{ кН/м}$$

«Удельная работа трения (буксования):

$$L_{y0} = \frac{L_{\sigma}}{\pi \cdot z \cdot (R_H^2 - R_B^2)} \leq 1,5 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}, \quad (68)$$

где L_{σ} - работа буксования фрикциона при одном трогании автомобиля с места на первой передаче.

$$L_{\sigma} = \frac{M_C \cdot J_M \cdot J_a \cdot \omega_M^2}{2 \cdot J_M \cdot (M_C - M_{\psi}) + J_a \cdot (M_C - M_{e\max})}, \quad (69)$$

где J_M - момент инерции полуоси и приведенных к ней деталей, $J_M = 1,0 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$;

ω_M - угловая скорость полуоси, соответствующая максимальному крутящему моменту двигателя,» [13]

$$\omega_M = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375,0}{30} = 39,25 \text{ с}^{-1};$$

« J_a - момент инерции массы m_a автомобиля, приведенный к ведомым дискам устройства, Н·м²;

M_ψ - момент сопротивления дороги, приведенный к ведомому диску устройства, кНм.» [7]

Момент инерции массы:

$$J_a = \frac{m_a \cdot r_k}{(u_{КПП} \cdot u_0)^2}, \quad (70)$$

«где $u_{КПП}, u_0$ - передаточные числа соответственно коробки передач на 1 передаче и главной передаче;

r_k - радиус колеса, $r_k = 0,38$ м.» [13]

$$J_a = \frac{78500,0 \cdot 0,38}{40,41^2} = 18,27 \text{ Н·м}. \quad (71)$$

Момент сопротивления дороги:

$$M_\psi = \frac{P_\psi \cdot r_k}{\eta_{ТР} \cdot u_{КПП} \cdot u_0}, \quad (72)$$

$$P_\psi = \psi \cdot G_a = 0,07 \cdot 7,85 \cdot 9,81 = 5,39 \text{ кН}, \quad (73)$$

$$M_\psi = \frac{5390,60 \cdot 0,38}{0,85 \cdot 40,41} = 58,20 \text{ Н м}$$

$$\omega_M = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,25 \text{ с}^{-1}. \quad (74)$$

$$L_6 = \frac{147200,0 \cdot 1,0 \cdot 18,27 \cdot 39,25^2}{2 \cdot 1,0 \cdot (147200,0 - 58,20) + 18,27 \cdot (147200,0 - 8641,23)} = 1466,19 \text{ Дж},$$

$$L_{y0} = \frac{1466,19}{3,14 \cdot 15 \cdot (0,036^2 - 0,021^2)} \cdot 10^{-6} = 0,036 \text{ МДж/м}^2 < 1,5 \text{ МДж/м}^2,$$

Условие баланса моментов выполняется.

В разделе выполнен конструкторский расчет механизма самоблокирующегося дифференциала. Определены расчетами передаточные числа проектируемого механизма главной передачи. Выполнен комплексный расчет зубчатых колес и корпуса дифференциала. Расчет был выполнен по методике общего машиностроения без применения отраслевых стандартов расчета зубчатых передач, применяемых, как правило при расчетах коробок передач и узлов трансмиссии автомобилей. Все полученные в результате расчетов значения использованы в проектировании конструкции дифференциала, учтены габаритные размеры зубчатых колес и осей, толщина стенок механизма дифференциала. Правильность выполненных расчетов подтверждается проверочными расчетами крепежных элементов механизма самоблокирующегося дифференциала. Чертеж разработанного механизма дифференциала представлен в графической части дипломного проекта.

4 Технологический процесс сборки самоблокирующегося дифференциала

4.1 Операционно-технологическая карта ТО-1 заднего моста автомобиля ГАЗ-33106

«Для обеспечения выполнения установленного перечня (объема) работ ТО на данном посту при нормативной затрате рабочего времени и расчетной продолжительности простоя автомобиля на посту используются операционно-технологические карты. Они составляются на основании перечня операции ТО, трудоемкостей отдельных операций для конкретной модели автомобиля согласно второй части, которая является приложением Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [11].

«Технологический процесс технического обслуживания представляет собой совокупность операций по соответствующим воздействиям, которые выполняются в определенной последовательности с помощью различного инструмента, приспособлений и других средств механизации с соблюдением технических требований (технических условий).

Технологический процесс технического обслуживания оформляется в виде операционно-технологической или постовой технологической карты.

Операционно-технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания или отдельных видов работ по этим воздействиям по агрегату, системе автомобиля.

Постовая технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания по агрегатам, системам, которые выполняются на одном из постов технического обслуживания.

В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81» [12].

«В процессе эксплуатации автомобиля происходит изнашивание элементов привода колес, изменяются величины зазоров и натягов. В результате снижаются: управляемость, устойчивость, безопасность движения и надежность автомобиля в целом.

Операции следующие (таблица):

- установить автомобиль на пост;
- проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в заднем мосту;
- проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие подтеканий;
- проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие механических повреждений;
- проверить работу муфты включения блокировки дифференциала;
- отрегулировать ступичные подшипники;
- убрать автомобиль с поста.

В целях экономии времени на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей, целесообразно использовать подъемник.

Для проверки состояния заднего моста загоняем автомобиль категории N_2 на подъёмник. Проверяем шумы и стуки в ступицах передних колес, проверяем состояние приводов колес на наличие подтеканий и механических повреждений. Убираем автомобиль с поста. Для этого опускаем подъёмник и выгоняем автомобиль» [11].

4.2 Технологический процесс сборки механизма самоблокирующегося дифференциала

Разработка технологического процесса сборки механизма самоблокирующегося дифференциала является частью выпускной квалификационной работы, которая выносится на лист графической части в виде технологической схемы.

На проработку технологии сборки берется узел «Механизм самоблокирующегося дифференциала». В качестве исходных данных при проектировании технологии принимаются:

- сборочные чертежи дифференциала и деталей самоблокирующегося дифференциала;
- в качестве объёма производства дифференциала принимаем количество 1000 единиц, что объясняется перспективой годового сбыта на рынке России.

«К конструкции предъявляются общие требования технологичности, типичные для большинства узлов транспортных средств.

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;
- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;
- работы по сборке должны иметь возможность механизации;
- все детали должны иметь инструментальную доступность, каждая из деталей по возможности должна иметь возможность без демонтажа сопутствующих, либо их число должно быть минимизировано;
- изделие должно обладать свойством контролепригодности;
- детали и сборочные единицы должны быть унифицированы;
- сборочные работы должны вестись без применения специнструмента и спецоснастки.
- обеспечение расчленения его на отдельные узлы и сборочные единицы, сборка которых может иметь примерно одинаковые по длительности и по возможности однородные по технологическому содержанию этапы;
- обеспечение свободного инструментального доступа к деталям узла.» [16]

В таблицу 17 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по механизму самоблокирующегося дифференциала.

Указанные в таблице работы будут использованы при разработки технологической схемы сборки механизма дифференциала.

Сборка будет производиться поэтапно, в картере заднего моста. Корпус дифференциала будет выполнен разъёмным, соединяемым болтовыми соединениями. В картер заднего моста будет помещаться собранный узел. Окончательная сборка будет произведена после размещения всех деталей.

Сборку узлов следует производить на трансмиссионном масле, оно же будет использовано для заправки агрегата после сборки. Сборка механического привода не отражается в технологической карте, поскольку подключение системы производится после проведения всех сборочных операций.

Таблица 17 – Сборочные работы, производимые при сборке механизма самоблокирующегося дифференциала

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка узлов коробки				
005	Сборка входного вала	1. Запрессовать в шестерню подшипник 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Произвести запрессовку оси 5. Надеть на ось дистанционные шайбы	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	10,45
010	Сборка полуосей	1. Запрессовать в шестерню подшипник 2. Установить распорную втулку 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Произвести запрессовку оси	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	12,20
015	Сборка сателлитов	1. Запрессовать на ось подшипник 2. Установить стопорное кольцо 3. Запрессовать в шестерню второй подшипник 4. Установить стопорное кольцо	Стенд сборочный Пресс 20т Смазка – масло трансмиссионное	8,55
020	Сборка корпуса	1. Произвести запрессовку штифтов	Стенд сборочный Пресс 20т	6,32

Продолжение таблицы 17

2. Генеральная сборка				
025	Сборка дифференциала в балке моста	1. Установить входной вал в посадочные места 2. Установить входной вал в посадочные места 3. Установить промежуточный вал в посадочные места 4. Установить втулки промежуточного вала 5. Накрутить поршни привода на промежуточный вал и произвести их затяжку 6. Надеть вторую половину корпуса 7. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19 8. Запрессовать манжету 9. Запрессовать установить цилиндры пневматического привода 10. Произвести затяжку болтов крепления ключом на 17 11. Произвести установку и затяжку глухой крышки 12. Произвести установку и затяжку сквозной крышки 13. Убедится в отсутствии заеданий при вращении	Ключ на 19 Ключ на 17 Смазка – масло трансмиссионное	18,25
030	Присоединение узла на автомобиль	1. Установить прокладку на картер моста 2. Установить картер моста на место 3. Произвести затяжку болтов 5256- 1/13438/33 4. Присоединить разъёмы системы принудительной блокировки	Ключ на 17 Ключ на 22 Смазка – масло трансмиссионное	15,25

Произведем расчет времени проведения работ по сборке узла.

«Техническое нормирование слесарно-сборочных работ, определение типа производства и формы организации технологического процесса сборки

Нормы времени на переходы операций сборки определяем по приложениям 1-47. Суммируем нормы времени на каждый вспомогательный и технологический переход операции и заносим в таблицу 3.

Общее оперативное время на все виды работ при сборке изделия:» [21]

$$\llcorner t_{\text{опобщ}} = \Sigma t_{\text{оп}} = 64,70 \text{ мин.} \quad (75)$$

Суммарная трудоемкость сборки:

$$t_{\text{шт\textsubscript{обш}}} = t_{\text{оп\textsubscript{обш}}} + t_{\text{оп\textsubscript{обш}}} (\alpha/100 + \beta/100), \quad (76)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, принимаем $\alpha = 3\%$;

β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха, принимаем $\beta = 5\%$.

$$t_{\text{шт\textsubscript{обш}}} = 64,70 + 64,70 \cdot (3/100 + 5/100) = 64,70 + 64,70 \cdot 0,08 = 69,88 \text{ мин.}$$

Определение типа производства

Определяем тип производства, основываясь на данных о годовом объеме выпуска $N = 1000$ шт. и $t_{\text{шт\textsubscript{обш}}} = 69,88$ мин. – производство мелкосерийное.» [11], [18]

«Для мелкосерийного производства такт выпуска определяем по формуле:

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

где $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимаем $F_{\text{д}} = 2030$ час.;

m – количество рабочих смен в сутки, принимаем $m = 1$;

N – годовой объем выпуска.» [22]

$$T_{\text{в}} = 2030 \cdot 60 \cdot 1 / 1000 = 1218 \text{ мин.}$$

Такт выпуска меньше операционного времени, поэтому для данного объема выпуска время сборки является приемлемым.

В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных операций механизма самоблокирующегося

дифференциала автомобиля ГАЗ-33106. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции. Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

Таким образом, можно сделать вывод о выполнении поставленных для технологического раздела задач в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

5 Охрана труда и безопасность объекта проектирования

5.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж коробки отбора мощности автомобильного гудронатора. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на канаве, поскольку для проведения работ необходим доступ к днищу автомобиля. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также прессовое и подъёмное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям,

поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [8]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

– действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

– действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

– неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [8]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [17]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа. Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;

- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;

- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;

- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 18.

Таблица 18 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды» [8]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов» [8]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 18

1	2	3
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [8]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности, работающего» [8]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [8]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [8]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [8]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 18

1	2	3
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса» [8]	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [8]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>А2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;

- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки древесины, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку коробки отбора мощности автогудронатора. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Анализ объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте была произведена разработка механизма самоблокирующегося дифференциала автомобиля Валдай. Узел представляет собой редуктор, подключаемым при помощи привода из кабины транспортного средства.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

6.2 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 20. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 20 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР _{год}	1000
Штучное время сборки, мин	ВР _{шт}	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С _{час}	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премияльный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К _{т-з}	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К _{с-эк}	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

6.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 21.

Таблица 21 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двугавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

6.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 22.

Таблица 22 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

6.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 23.

Таблица 23 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премияльные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

«Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (78)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (79)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (80)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (81)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб} \gg [9]$$

Расчет себестоимости самоблокирующегося дифференциала представим в таблице 24.

Таблица 24 – Себестоимость разработанной КОМ

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанный механизм дифференциала ведущего моста автомобиля будет являться конкурентной по цене.

Заключение

Выполнение дипломного проекта проводилось путем последовательного выполнения поставленных задач в рамках выпускной квалификационной работы. Работа производилась в разделах дипломного проекта, связанных между собой последовательным повествованием.

В первом разделе выпускной квалификационной работы проведен анализ конструкции транспортного средства и определены его технические характеристики. Определённые в результате обзора данные явились основанием для проведения дальнейших расчетов конструкции транспортного средства и его отдельных элементов. По данным проводится тяговый расчет транспортного средства, в результате которого определяется его тягово-скоростная характеристика и характеристики топливной экономичности. Отдельно рассмотрена компоновочная схема трансмиссии автомобиля.

Определены основные составляющие части трансмиссии и приведено их краткое описание. Рассмотрена возможность проведения модернизации трансмиссии автомобиля, исходя из направлений развития конструкторской мысли и общемировых тенденций в отрасли автомобилестроения. Как наиболее перспективные и не требующие при этом значительных капитальных вложений, в отличие от большинства других направлений модернизации, принято решение о модернизации трансмиссии путем разработки механизма блокировки межколесного дифференциала. Именно этот вид конструкторской разработки будет рассмотрен в дипломном проекте.

Во втором разделе дипломного проекта был выполнен тяговый расчет транспортного средства. Рассчитана мощность и крутящий момент двигателя на различных оборотах. Произведен расчет динамики разгона и ускорений, исходя из передаточных чисел коробки передач и главной передачи. Произведен расчет силового баланса и определена максимальная скорость транспортного средства. Исходя из определенных ранее параметров, определен путь и время разгона. Рассчитана топливная экономичность

транспортного средства. Результаты тягового расчета в виде графиков вынесены на лист графической части.

В конструкторском разделе выпускной квалификационной работы выполнен расчет механизма самоблокирующегося дифференциала. Определены расчетами передаточные числа проектируемого механизма главной передачи. Выполнен комплексный расчет зубчатых колес и корпуса дифференциала.

Расчет был выполнен по методике общего машиностроения без применения отраслевых стандартов расчета зубчатых передач, применяемых, как правило при расчетах коробок передач и узлов трансмиссии автомобилей. Все полученные в результате расчетов значения использованы в проектировании конструкции дифференциала, учтены габаритные размеры зубчатых колес и осей, толщина стенок механизма дифференциала. Правильность выполненных расчетов подтверждается проверочными расчетами крепежных элементов механизма самоблокирующегося дифференциала. Чертеж разработанного механизма дифференциала представлен в графической части дипломного проекта.

В технологическом разделе был определен состав работ при производстве сборочных операций механизма самоблокирующегося дифференциала автомобиля ГАЗ-33106. Произведен подбор основного оборудования и использованы аналитические данные для определения трудоемкости каждой отдельной операции.

Исходя из отдельной трудоемкости каждой операции определена трудоемкость всего технологического процесса и определен такт производства, исходя их программы выпуска. На основании разработанной технологической карты произведена разработка технологической схемы, которая выносится на лист графической части.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции.

На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанный механизм дифференциала ведущего моста автомобиля будет являться конкурентной по цене.

Проделанная работа отражает весь комплекс задач, поставленных в рамках дипломного проектирования. Выполнены все поставленные задачи, достигнута цель проекта – выполнена разработка механизма самоблокирующегося межколесного дифференциала. На основании всего изложенного, считаем задание, выданное в рамках выполнения выпускной квалификационной работы полностью выполненным.

Список используемых источников

1. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.
8. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

10. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

11. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

12. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

13. Сергеев, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеев. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

14. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

15. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

16. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

17. Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарева, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

18. G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

19. Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

20. Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

21. Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.