

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка конструкции ведущих мостов автомобиля повышенной
проходимости КАМАЗ

Обучающийся

К.С. Алексуточкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

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

Консультанты

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

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Кириллова (Егорова)

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2024

Аннотация

В расчетно-пояснительной записке представлена выпускная квалификационная работа на тему «Разработка конструкции ведущих мостов автомобиля повышенной проходимости КАМАЗ».

Современные условия требуют от автотранспортных средств высокой проходимости для выполнения различных задач в условиях бездорожья, таких как военные операции, поисково-спасательные работы, сельскохозяйственная деятельность и промышленность. Увеличение спроса на такие автомобили делает необходимым развитие и совершенствование узлов подвески и трансмиссии, включая ведущие мосты.

Ведущие мосты являются критически важными компонентами в автомобилях повышенной проходимости, влияя на их способность преодолевать сложные участки местности. Разработка более совершенных конструкций может значительно улучшить характеристики проходимости, управляемости и безопасности автомобилей КАМАЗ, что особенно важно в экстремальных условиях эксплуатации.

«Структура дипломного проекта разделена на несколько связанных между собой разделов, а именно: введение, шесть глав, раскрывающих тему дипломного проекта, заключение и список использованных источников информации, включая иностранные. Инженерно-графический раздел выпускной квалификационной работы изложен на 10 листах формата А1.

Цель дипломного проекта по теме «Разработка конструкции ведущих мостов автомобиля повышенной проходимости КАМАЗ» заключается в разработке и внедрении конструкции ведущих мостов автомобиля повышенной проходимости позволит повысить безопасность, надежность и проходимость автомобиля КамАЗ, что сделает его более конкурентоспособным на рыночном сегменте автомобилей повышенной проходимости.» [15]

Логическая структура дипломного проекта представляет совокупность ряда проведенных исследований, а именно:

- анализ конструкции задних мостов, в том числе, применяемых на грузовых автомобилях повышенной проходимости;
- формирование предложений по разработке конструкции задних мостов для автомобиля КамАЗ;
- проведение необходимых конструкторских расчетов;
- разработка необходимых технологических операций сборки узла ведущего моста автомобиля КамАЗ;
- разработка требований по безопасности организации и проведению сборочных работ;
- расчет экономического эффекта от внедрения конструкции в производство;
- формирование заключения по результатам проделанной работы.

Таким образом, тема дипломного проекта «Разработка конструкции ведущих мостов автомобиля повышенной проходимости КАМАЗ» является актуальной и значимой как с точки зрения технологического развития и экономической эффективности, так и в контексте удовлетворения современного спроса на грузовые автомобили повышенной проходимости и соответствия требованиям, предъявляемым к современным транспортным средствам.

Annotation

The calculation and explanatory note presents the final qualifying work on the topic “Development of the design of drive axles for a KAMAZ all-terrain vehicle.”

«Modern conditions require high-capacity vehicles to perform a variety of off-road missions such as military operations, search and rescue, agricultural activities and industry. The increasing demand for such vehicles makes it necessary to develop and improve suspension and transmission units, including drive axles.» [22]

«Drive axles are critical components in off-road vehicles, influencing their ability to negotiate difficult terrain. The development of more advanced designs can significantly improve the cross-country ability, controllability and safety of KAMAZ vehicles, which is especially important in extreme operating conditions.

The structure of the diploma project is divided into several interconnected sections, namely: introduction, six chapters revealing the topic of the diploma project, conclusion and a list of information sources used, including foreign ones. The engineering and graphic section of the final qualifying work is presented on 10 sheets of A1 format.» [21]

The goal of the diploma project on the topic “Development of the design of drive axles of a KAMAZ all-terrain vehicle” is to develop and implement the design of drive axles of an all-terrain vehicle that will improve the safety, reliability and cross-country ability of the KamAZ vehicle, which will make it more competitive in the market segment of off-road vehicles.

The logical structure of the diploma project represents the totality of a number of studies conducted, namely:

- analysis of the design of rear axles, including those used on off-road trucks;
- formation of proposals for the development of the design of rear axles for the KamAZ vehicle;
- carrying out the necessary design calculations;
- development of the necessary technological operations for assembling the drive axle assembly of a KamAZ vehicle;

- development of requirements for the safety of the organization and assembly work;
- calculation of the economic effect from introducing the design into production;
- drawing up a conclusion based on the results of the work done.

Thus, the topic of the diploma project “Development of the design of drive axles of the KAMAZ off-road vehicle” is relevant and significant both from the point of view of technological development and economic efficiency, and in the context of meeting the modern demand for off-road trucks and meeting the requirements for modern transport vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Технико-экономический анализ объекта дипломного проекта	10
1.1 Анализ конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей	10
1.2 Анализ образцов конструкции ведущих мостов транспортных средств, производимых серийно	13
1.3 Обзор патентных документов по тематике конструкторской разработки	20
1.4 Выбор конструкции ведущего моста для дальнейшей разработки	23
1.5 Обоснование выбора конструкторского решения подвески моста	25
2 Тяговый расчет грузового автомобиля	28
2.1 Расчет внешней скоростной характеристики	28
2.2 Расчет силы тяги на ведущих колесах	34
2.3 Расчет мощности на колесах автомобиля	36
2.4 Динамическая характеристика автомобиля	39
2.5 Ускорения автомобиля на передачах	40
2.6 Время и путь разгона автомобиля	41
2.7 Расчет топливно-экономической характеристики	45
3 Конструкторский раздел дипломного проекта	47
3.1 Расчет передаточных чисел редуктора ведущего моста	47
3.2 Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи	48
3.3 Выбор дифференциальной передачи для моста	51
3.4 Расчет осей привода ведущих колес	52
3.5 Выбор колесных редукторов ведущего моста	53
4 Разработка технологического процесса сборки ступицы ведущего моста .	56
5 Безопасность и экологичность участка механической сборки	59
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта	59

5.2 Идентификация профессиональных рисков	62
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	63
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	65
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	69
6 Экономический раздел дипломного проекта	71
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	71
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	72
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	79
Заключение	83
Список используемой литературы и используемых источников	90
Приложение А Графики тягового расчета	93

Введение

В современной автомобильной индустрии постоянно идет работа над усовершенствованием технических характеристик и функциональных возможностей грузовых автомобилей с целью повышения их эффективности, комфортности и безопасности эксплуатации. Одним из ключевых направлений развития является создание и внедрение ведущих мостов новой конструкции, способных обеспечить более высокую проходимость и грузоподъемность транспортного средства на различных типах дорог.

Одним из ключевых элементов, определяющих проходимость и эксплуатационные характеристики автомобилей повышенной проходимости, являются ведущие мосты. От их конструкции зависит способность автомобиля преодолевать сложные участки местности, включая глубокий снег, песок, грязь и водные преграды. В условиях возрастающих требований к надежности, долговечности и экономичности автомобилей, разработка новых и усовершенствование существующих конструкций ведущих мостов становится особо актуальной задачей.

Целью данного дипломного проекта является разработка конструкции ведущих мостов для автомобилей повышенной проходимости КАМАЗ, которые будут соответствовать современным требованиям по проходимости, надежности и экономичности. В процессе работы будут рассмотрены современные подходы и технологии, применяемые в мировой практике, а также проведен анализ существующих конструкций и выявлены их основные недостатки. Отдельно стоит упомянуть, что разрабатываемая конструкция мостов может быть использована на автомобилях, относящихся к категории транспортных средств N3.

Транспортные средства категории N3 относятся к грузовым автомобилям большой грузоподъемности. Грузовики категории N3 способны перевозить груз значительного веса. Обычно их собственная масса превышает 12 тонн, а общая масса (включая груз) может достигать 20 тонн. Также

грузовики этой категории имеют значительные габариты, что позволяет им перевозить большие объемы груза.

Транспортные средства категории N3 могут иметь 3 и более осей, что способствует равномерному распределению нагрузки и повышает устойчивость автомобиля при движении. Грузовики категории N3 предназначены для перевозки крупногабаритных и тяжелых грузов на длительные расстояния. Они используются в логистике, строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях, где требуется перевозка больших объемов материалов. Грузовики категории N3 обычно оснащены мощными двигателями, обеспечивающими достаточную тягу для перевозки тяжелых грузов.

Для достижения поставленной цели дипломного проектирования предполагается решить следующие задачи:

- изучить современные конструкции ведущих мостов и их особенности;
- провести анализ эксплуатационных характеристик существующих мостов автомобилей КАМАЗ;
- разработать проектную документацию для новой конструкции ведущих мостов;
- провести конструкторские расчеты прочностных характеристик разработанной конструкции;
- оценить экономическую эффективность внедрения новой конструкции в серийное производство.

Результаты данного исследования позволят улучшить технические характеристики автомобилей повышенной проходимости КАМАЗ, что способствует укреплению позиций компании на рынке и повышению ее конкурентоспособности. Введение новых конструктивных решений также имеет важное значение для развития отечественного автомобилестроения и научно-технического прогресса в области транспортных технологий.

1 Технико-экономический анализ объекта дипломного проекта

1.1 Анализ конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей

Ведущие мосты являются одними из ключевых узлов грузовых автомобилей, обеспечивающих передачу крутящего момента от двигателя к колесам и, следовательно, определяющих их тягово-динамические характеристики и проходимость. Современные конструкции ведущих мостов включают в себя ряд элементов, таких как главная передача, дифференциал, полуоси и ступицы колес. В данном анализе рассмотрим основные типы и особенности конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей, их преимущества и недостатки, а также направления их развития.

«Передний мост и задний ведущие мосты – это два основных компонента подвески грузовых автомобилей, которые отвечают за передачу мощности от двигателя к передним и задним колесам соответственно.» [1], [5]

Неразрезные мосты представляют собой цельную балку, соединяющую колеса и содержащую внутри главную передачу, и дифференциал. Такая конструкция обеспечивает высокую прочность и надежность, что делает ее широко применяемой в тяжелых грузовиках и автомобилях повышенной проходимости. Преимуществом неразрезных мостов является простота конструкции, высокая прочность, низкая стоимость производства и обслуживания. К недостаткам стоит отнести ограниченную плавность хода и ограниченную маневренность, особенно на неровной местности.

В системах независимой подвески колеса могут двигаться относительно друг друга, что обеспечивает более плавный ход и улучшенную управляемость. Главная передача и дифференциал располагаются в отдельном корпусе, а полуоси передают крутящий момент к колесам.

Преимуществом подобной конструкции является улучшенная плавность хода, лучшее сцепление с дорогой, повышенная управляемость. К недостаткам независимой подвески относится сложность конструкции, высокая стоимость

производства и обслуживания, сниженная грузоподъемность по сравнению с жесткими мостами.

Балансирные мосты используются в автомобилях повышенной проходимости и тяжелых грузовиках. Они позволяют колесам одной оси двигаться независимо друг от друга, что улучшает проходимость на сложных участках местности.

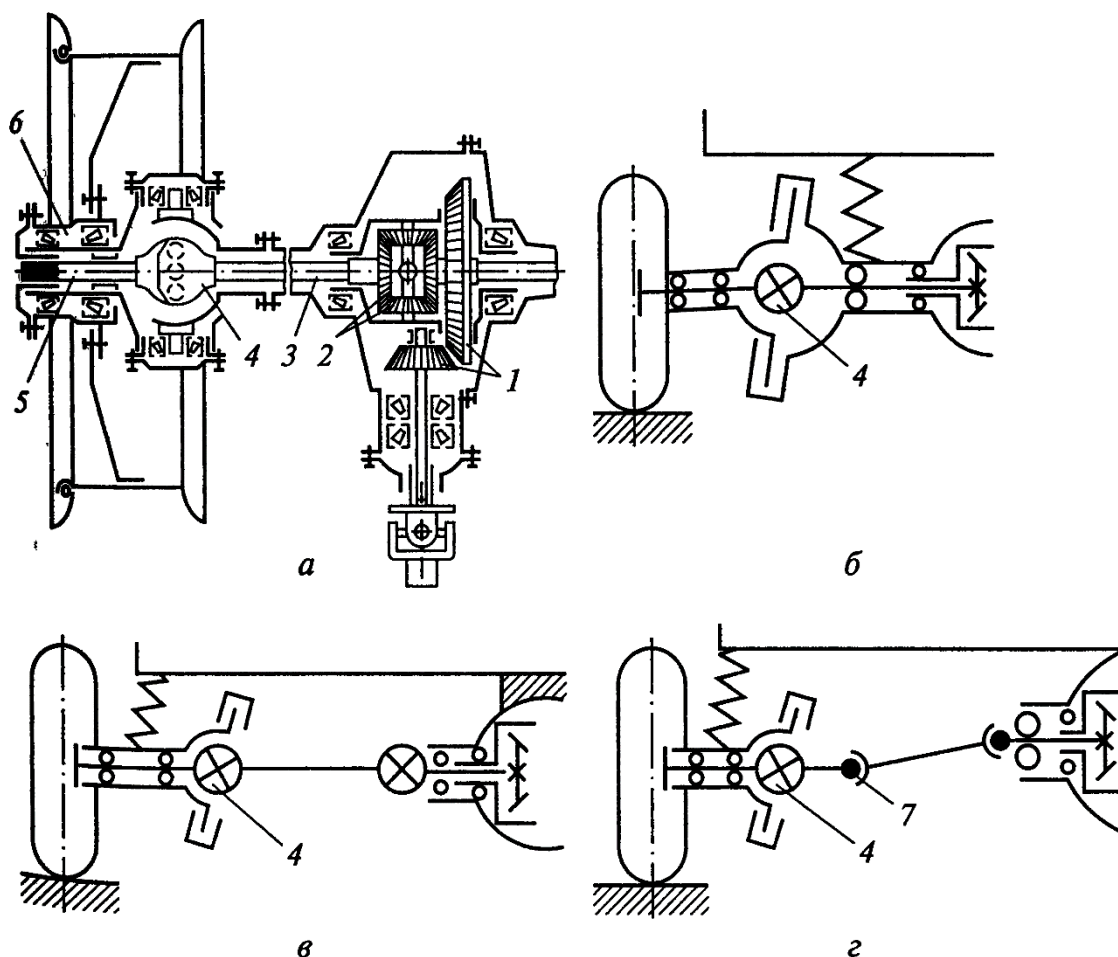
Преимуществом балансирных мостов является высокая проходимость, улучшенная устойчивость на неровной поверхности. К недостаткам относится сложность конструкции, увеличение массы автомобиля.

«Дополнительно к общим требованиям к конструкции автомобиля к передним управляемым мостам автомобиля предъявляются специальные требования, в соответствии с которыми мосты должны: иметь минимальную массу, наименьшие габаритные размеры, высокую жесткость; обеспечивать стабильные углы установки управляемых колес и осей их поворота (шкворней).» [1], [7]

Анализ конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей показывает, что развитие технологий и материалов позволяет значительно улучшать их эксплуатационные характеристики. Современные ведущие мосты становятся более прочными, легкими и надежными, что способствует повышению проходимости и экономичности грузовых автомобилей. Разработка новых конструкций с учетом этих тенденций является важной задачей для повышения конкурентоспособности и эффективности автопроизводителей, таких как КАМАЗ.

Конструкции различных типов мостов, описанных выше, представлены на рисунке 1.

Мост, представленный на рисунке 1, состоит из главной передачи 1, дифференциала 2 и привода ведущих управляемых колес.



1 – главная передача; 2 – дифференциал; 3 и 5 – полуоси; 4 и 7 – карданные шарниры; 6 – ступица

Рисунок 1 – Схема ведущего моста (а) и привода (б, в, г) колес

«Главная передача 1 и дифференциал 2 имеют такую же конструкцию, как главная передача и дифференциал заднего ведущего моста. Привод ведущих управляемых колес представляет собой карданную передачу с карданными шарнирами разных угловых скоростей. Конструкция привода ведущих управляемых колес зависит от типа их подвески.

У грузовых автомобилей при зависимой подвеске колес (рисунок 1, а, б) и неразрезной балке ведущего моста в приводе колес применяют карданную передачу с одним карданным шарниром равных угловых скоростей. Крутящий момент к карданному шарниру подводится от дифференциала 2 внутренней

полуосью 3. Наружная полуось 5 имеет фланец, от которого крутящий момент передается на ступицу 6 колеса. Ступица установлена на поворотной цапфе на двух подшипниках, и полуоси 3 и 5 передают только крутящий момент.» [16]

С точки зрения упрощения конструкции при сохранении высокой грузоподъемности и высокой прочности трансмиссии автомобиля наиболее приемлемой будет являться применение в конструкции мостов агрегатов неразрезной конструкции.

1.2 Анализ образцов конструкции ведущих мостов транспортных средств, производимых серийно

Анализ серийных образцов ведущих мостов автомобилей включает в себя комплекс мероприятий по проверке и оценке качества, производительности и долговечности ведущих мостов, которые устанавливаются на серийно выпускаемые автомобили. Ведущий мост (или ведущая ось) — это важный компонент трансмиссии, отвечающий за передачу крутящего момента от двигателя к колесам, обеспечивая движение автомобиля.

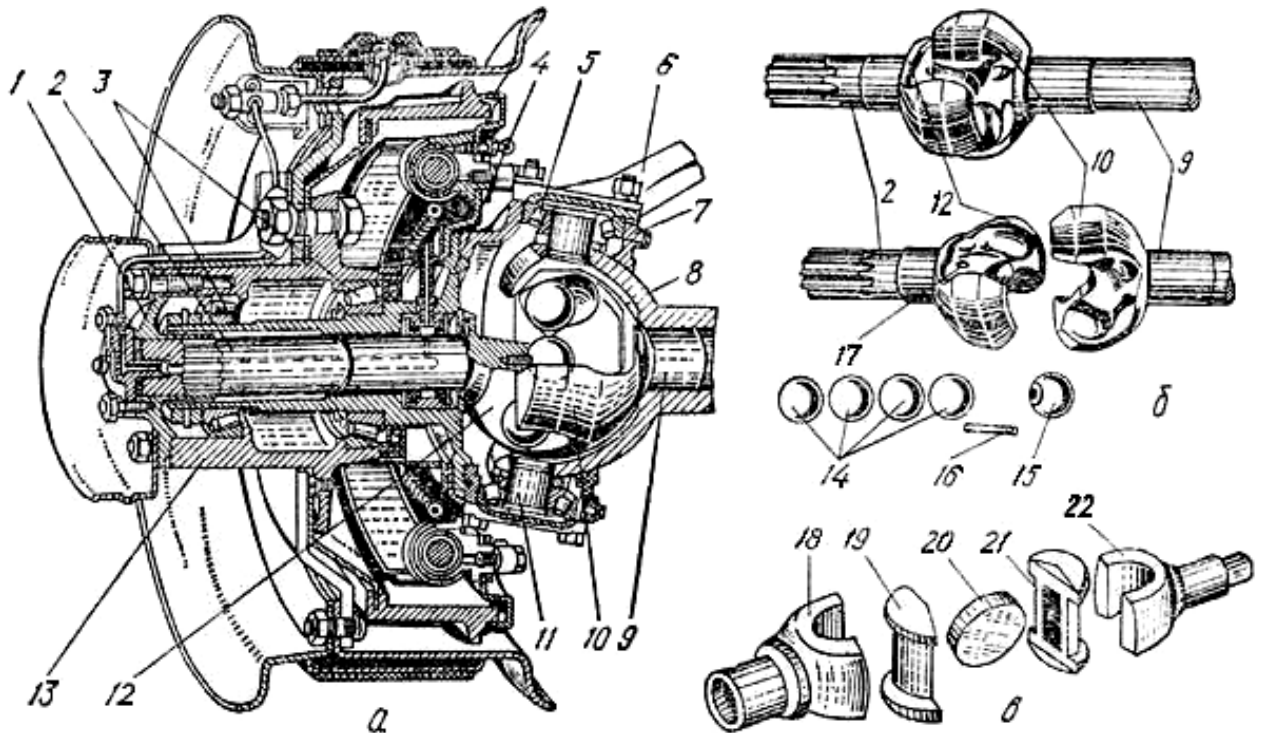
В результате проводимого анализа нами планируется решение комплекса следующих задач:

- обеспечение надежности и долговечности ведущих мостов;
- выявление и устранение возможных дефектов и слабых мест конструкции;
- повышение качества продукции и удовлетворение требований потребителей;
- снижение производственных и эксплуатационных затрат;

Этот комплексный подход позволяет не только обеспечить высокое качество ведущих мостов, но и улучшать их характеристики для повышения общей надежности и производительности автомобилей.

«Анализ серийных образцов ведущих мостов также включает сравнение с аналогичными продуктами от других производителей. Это позволяет определить конкурентные преимущества и недостатки и выявить области, в которых можно улучшить конструкцию. На основе проведенного анализа разрабатываются рекомендации по улучшению серийных образцов ведущих мостов. Это может включать изменения в конструкции, выбор других материалов, усовершенствование системы смазки и охлаждения, а также обновление производственных процессов.» [2], [13]

Передний ведущий мост автомобиля ГАЗ – 66 (рисунок 2, а) состоит из картера, в котором смонтированы главная передача, дифференциал и полуоси.



а – устройство; б – шариковый карданный шарнир; в – кулачковый карданный шарнир.

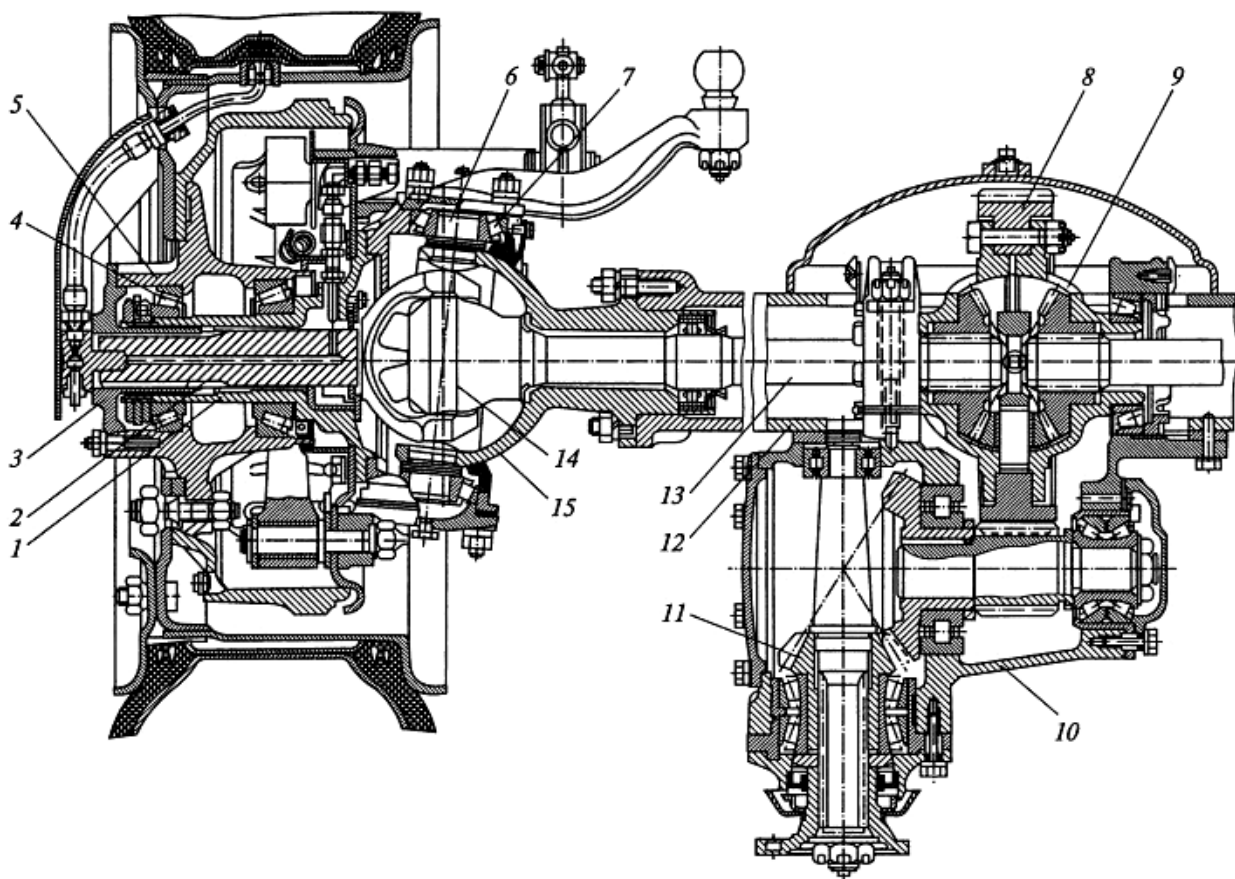
Рисунок 2 – Передний ведущий мост автомобиля ГАЗ-66

«Особенность моста состоит в том, что крутящий момент от полуосевых шестерен к ступицам колес передается под изменяющимся углом. Поэтому каждая полуось расчленена. Между двумя частями полуоси 2 и 9 устанавливается карданный шарнир равных угловых скоростей (рисунок 1.2, б), состоящий из двух фасонных вилок 10 и 12 с овальными канавками, одного центрирующего 15 и четырех ведущих 14 шариков. Центрирующий шарик имеет сверление, лыску, и крепится на пальце 16, затем стопорится шпилькой, проходящей через отверстие 17 вилки.» [19], [25]

«При вращении ведущей вилки усилие на ведомую передается через шарики. Так как они свободно перекатываются в своих канавках, то угол между вилками шариками делится пополам в каждый данный момент, что и обеспечивает равномерную передачу крутящего момента на повернутые управляемые колеса под углом до 40°. Вал 2 ведомой вилки 12 проходит внутри полой поворотной цапфы 4 и своими шлицами входит в шлицы фланца 1, соединенного шпильками со ступицей колеса 13. Ступица смонтирована на поворотной цапфе на двух роликовых конических подшипниках 3. Поворотная цапфа 4 вместе со ступицей установлена в разъемном корпусе 7 на шипах 11 шкворней на роликовых конических подшипниках 5. Шипы приварены к сферической чашке 8 кожуха полуоси. Поворотная цапфа рычага 6 соединяется с тягами рулевого управления автомобиля.» [1]

«На рисунке 3 представлена конструкция переднего ведущего моста грузовых автомобилей ЗИЛ высокой проходимости.

Главная передача моста – двойная центральная. Она состоит из двух пар шестерен – конической 11 со спиральными зубьями, и цилиндрической 8 с косыми зубьями. Дифференциал 9 – конический, симметричный, малого трения, 4–сателлитный.» [25]

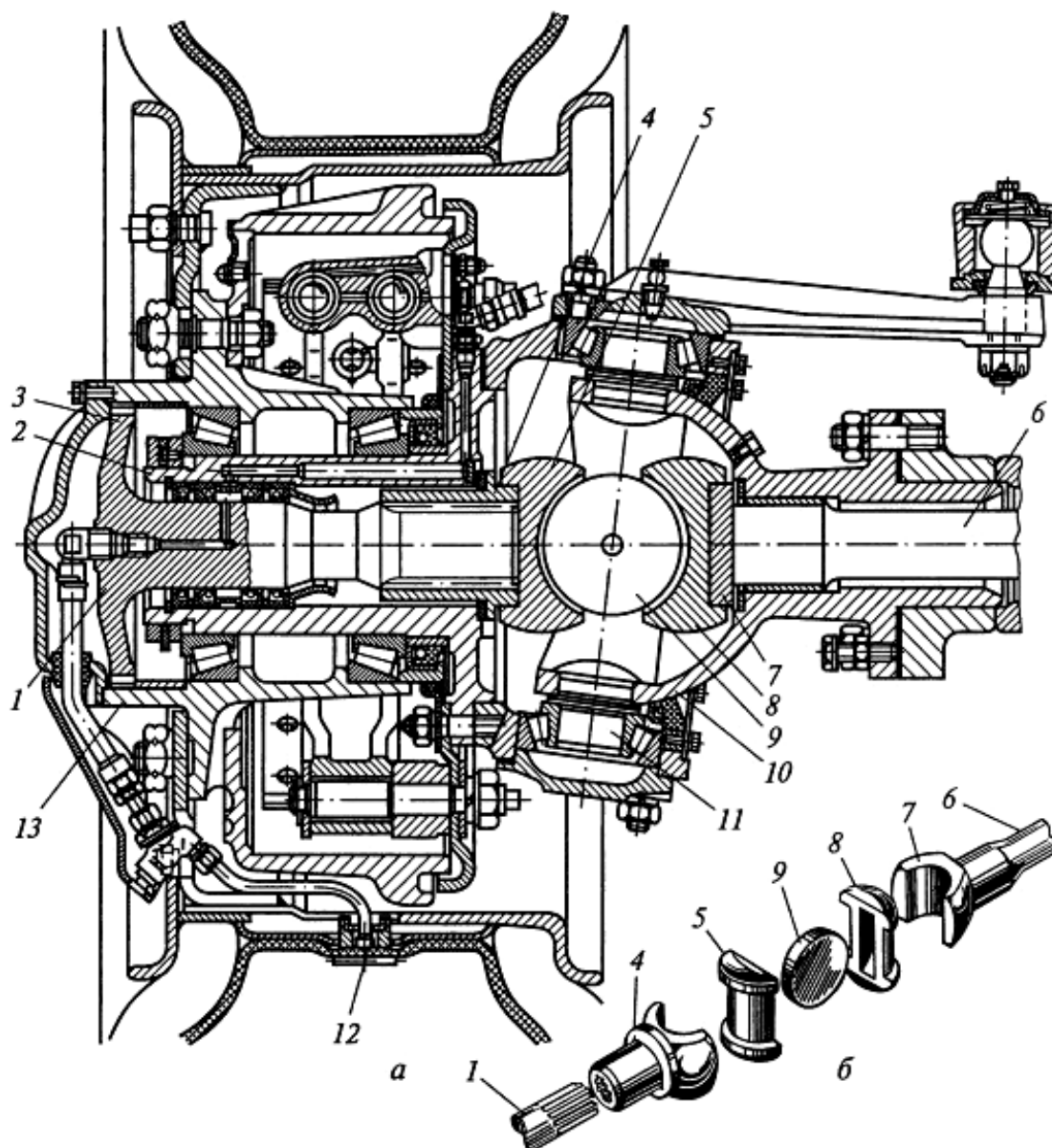


«1 – цапфа; 2, 13 – полуоси; 3 – фланец; 4, 7 – подшипники; 5 – ступица; 6 – шип; 8, 11 – шестерни; 9 – дифференциал; 10 – картер; 12 – балка; 14 – карданный шарнир; 15 – опора» [1]

Рисунок 3 – Передний ведущий мост автомобиля ЗИЛ высокой проходимости

«Шкворень для поворота колеса сделан разрезным и состоит из двух шипов 6, которые жестко закреплены в шаровой опоре. На шкворне на роликовых конических подшипниках 7 установлена поворотная цапфа, а на ней также на роликовых конических подшипниках 4 – ступица колеса, имеющего шину с регулируемым давлением.» [1], [17]

«Ведущий мост грузовых автомобилей «Урал» высокой проходимости показан на рисунке 4.» [11], [17]

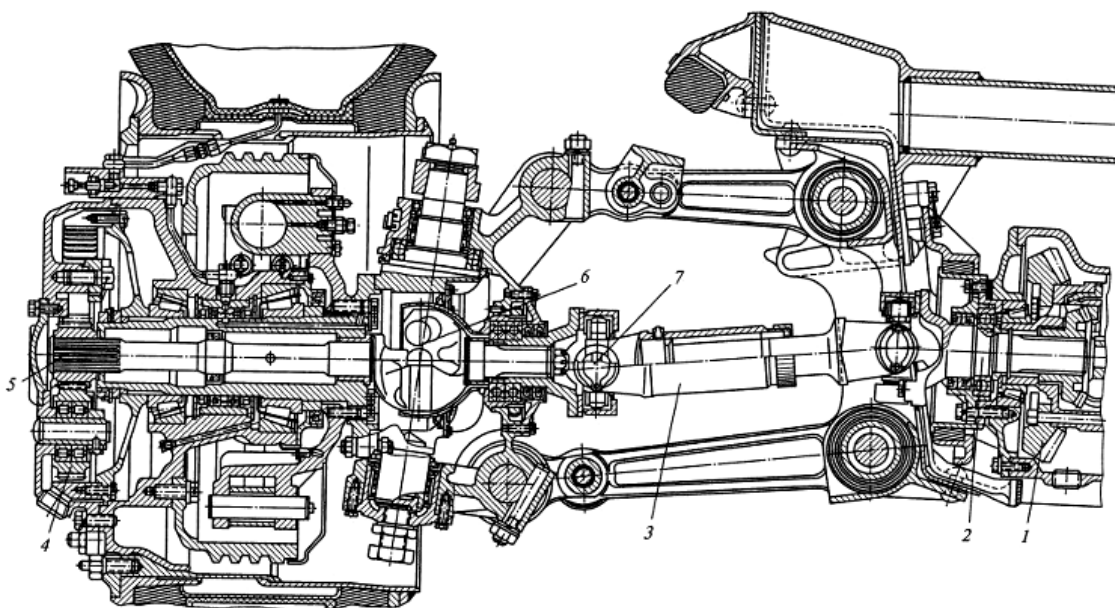


«1, 6 – полуоси; 2 – цапфа; 3 – фланец; 4, 7 – вилки; 5, 8 – кулачки; 9 – диск; 10 – шаровая опора; 11 – шип; 12 – шина; 13 – ступица» [1]

Рисунок 4 – Ведущий мост грузовых автомобилей «Урал» высокой проходимости

«Наружная полуось 1 крепится к ступице 13 колеса при помощи зубчатого фланца 3. Шкворень поворотной цапфы состоит из двух отдельных шипов 11, закрепленных в шаровой опоре. На шипах шкворня на конических роликовых подшипниках установлена поворотная цапфа 2 колеса.» [1]

На рисунке 5 представлен передний ведущий мост четырехосного грузового автомобиля МАЗ. Колеса моста имеют независимую подвеску.



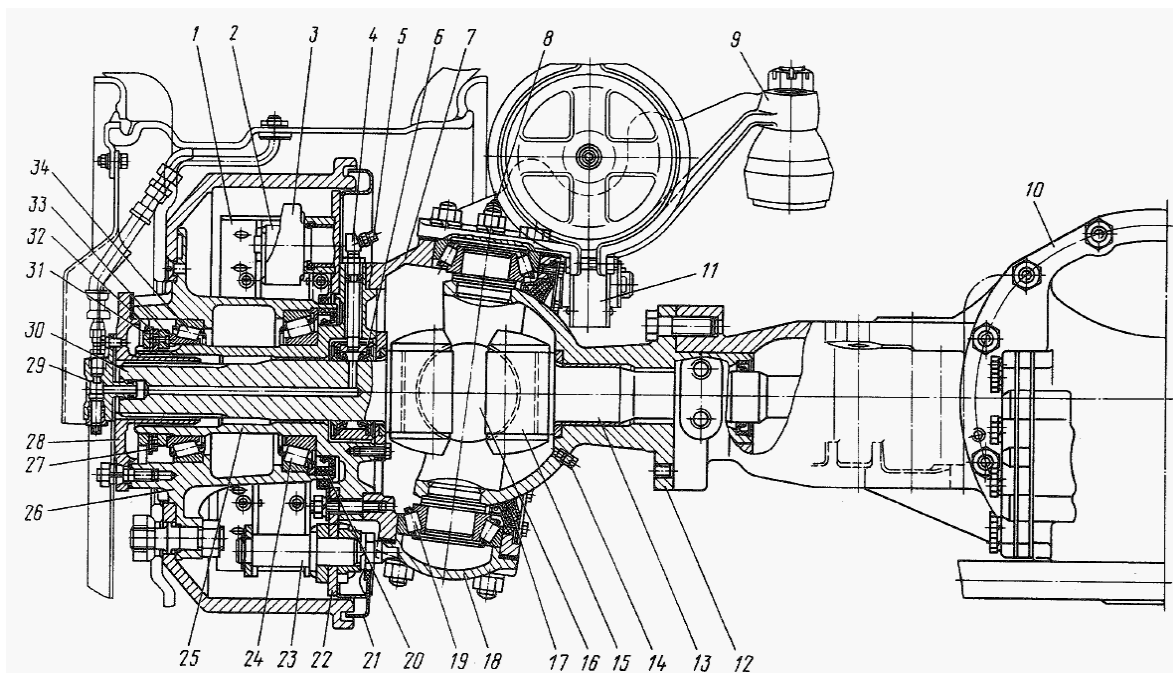
«1 – главная передача; 2, 5 – полуоси; 3 – карданная передача; 4 – колесная передача; 6, 7 – шарниры» [1]

Рисунок 5 – Передний ведущий мост четырехосного автомобиля МАЗ

«Колеса моста имеют независимую подвеску. Главная передача моста разнесенная. Центральная коническая передача 1 вместе с коническим 4–сателлитным симметричным дифференциалом малого трения расположены в картере, установленном на раме автомобиля.

Колесные передачи 4 планетарного типа. Связь между центральной и колесной передачей осуществляется через внутреннюю полуось 2, карданную передачу 3 с двумя карданными шарнирами 7 неравных угловых скоростей, шариковый карданный шарнир 6 равных угловых скоростей и наружную полуось 5 разгруженного типа.» [1]

На рисунке 6 представлен передний ведущий мост грузового автомобиля КАМАЗ.



«1 – колодка переднего тормозного механизма; 2 – ролик колодки; 3 – разжимной левый кулак; 4 – штуцер; 5 – переходной штуцер; 6 – головка подвода воздуха; 7 – левый корпус поворотного кулака; 8 – масленка; 9 – рычаг поворотного кулака; 10 – главная передача переднего моста; 11 – регулировочный рычаг; 12 – шаровая опора поворотного кулака; 13 – внутренний левый кулак шарнира; 14 – пробка; 15 – вкладыш кулака шарнира; 16 – диск шарнира; 17 – манжета; 18 – нижняя накладку кулака; 19, 24, 34 – подшипники; 20 – набивка манжеты; 21 – щиток тормозного механизма; 22 – суппорт переднего тормозного механизма; 23 – ось тормозных колодок; 25 – левая цапфа поворотного кулака; 26 – ступица с тормозным барабаном; 27, 32 – замковые шайбы; 28 – ведущий фланец; 29 – кран запора воздуха; 30 – наружный кулак шарнира; 31 – контргайка подшипников; 33 – гайка подшипников» [1]

Рисунок 6 – Передний ведущий мост автомобиля КАМАЗ

«Картер переднего моста отлит как одно целое с левым коротким кожухом полуоси. Правый кожух запрессован в картер моста. К фланцам кожухов полуоси на шпильках прикреплены шаровые опоры с приваренными шкворнями. В шаровые опоры запрессованы бронзовые втулки, в которых установлены внутренние кулаки шарниров равных угловых скоростей.

На шкворнях размещены корпуса поворотных кулаков, которые поворачиваются на конических роликовых подшипниках. К корпусам поворотных кулаков прикреплены на шпильках цапфы и суппорты тормозных механизмов. В цапфы запрессованы бронзовые втулки, в которых вращаются наружные кулаки шарниров.

Крутящий момент от внутреннего кулака к наружному передается через шарнир равных угловых скоростей. На шлицевом конце наружного кулака установлен ведущий фланец, который прикреплен к ступице шпильками.» [2]

Проведенный анализ конструкций ведущих мостов позволил выявить все многообразие конструкций, позволив определить возможные направления конструкторской проработки.

1.3 Обзор патентных документов по тематике конструкторской разработки

Анализ патентов по конструкции мостов автомобилей включает в себя систематическое изучение патентной документации для выявления текущих тенденций, новейших разработок и технологических решений в этой области. Этот анализ важен для определения уровня инноваций, охраняемых патентным правом, и для выявления потенциальных возможностей для улучшения существующих конструкций или разработки новых решений.

Анализ патентов по конструкции мостов автомобилей включает в себя систематическое изучение патентной документации для выявления текущих тенденций, новейших разработок и технологических решений в этой области. Этот анализ важен для определения уровня инноваций, охраняемых патентным правом, и для выявления потенциальных возможностей для улучшения существующих конструкций или разработки новых решений.

Конструкция ведущего моста, обнаруженная в ходе патентного поиска представлена на рисунке 7.

«Изобретение относится к транспортным средствам, в частности к трансмиссиям автомобилей, тракторов, строительных машин. Механизм дифференциала ведущего моста расположен возле ступицы одного колеса, а главная передача - возле ступицы другого колеса. Ведомая шестерня связана с корпусом дифференциала посредством трубчатого вала, расположенного в балке моста.» [11]

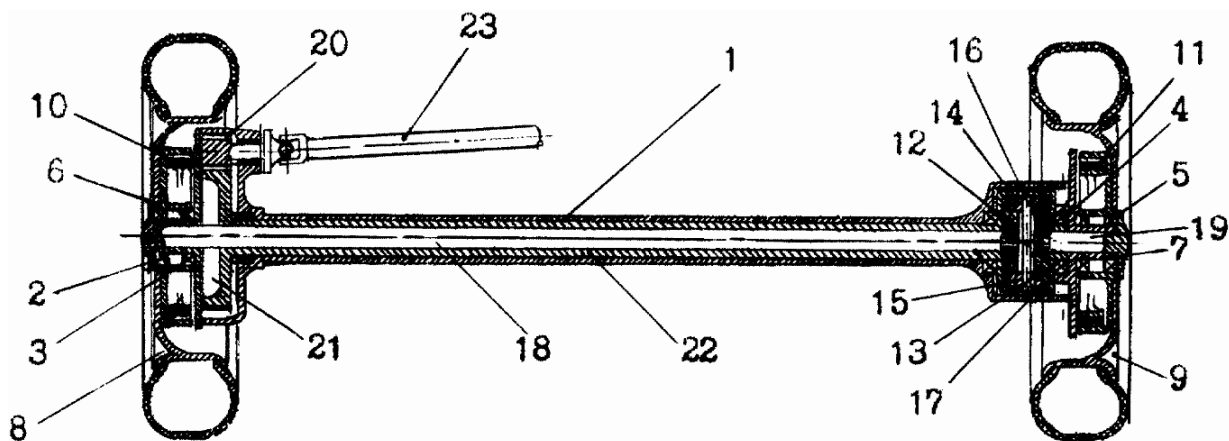


Рисунок 7 – Ведущий мост

«Ведущий мост (рисунок 7) состоит из несущей балки 1, на концах которой на подшипниках 2, 3 и 4, 5 установлены ступицы 6, 7 колес 8 и 9. Ступицы 6 и 7 снабжены тормозами 10 и 11. В несущей балке 1 возле колеса 9 расположен механизм дифференциала, состоящий из конических шестерен 12 и 13, связанных между собой посредством сателлитов 14 и 15, установленных на оси 16, которая своими концами закреплена в корпусе дифференциала 17. Полуоси 18 и 19 связывают конические шестерни 12 и 13 с колесами 8 и 9.

Возле колеса 8 расположена главная передача, состоящая из ведущей шестерни 20 и ведомой шестерни 21, которая связана с корпусом дифференциала 17 посредством трубчатого вала 22. Карданный вал 23 связывает ведущую шестерню 20 с силовой установкой транспортного средства.» [25]

«Работает ведущий мост следующим образом. Карданный вал 23 приводится во вращение от силовой установки, как например на фиг.2, 3, 4, и передает крутящий момент ведущей шестерни 20, которая в свою очередь вращает ведомую шестерню 21, посаженную наглухо на трубчатый вал 21. Трубчатый вал 22 приводит во вращение корпус дифференциала 17, где связанные с ним посредством оси 16 сателлиты 14 и 15 приводят во вращение конические шестерни 12 и 13, которые в свою очередь через полуоси 18 и 19 приводят во вращение колеса 8 и 9.» [1]

Другим образцом, обнаруженным в ходе патентного поиска, является конструкция ведущего управляемого моста транспортного средства, представленная на рисунке 8.

«Устройство относится к конструкции ведущих управляемых мостов транспортных средств. Ведущий управляемый мост содержит корпус 1 (рисунок 8), к которому через рукава 2 и поворотные оси 3 прикреплены корпуса 4 с колесными планетарными редукторами, соосно установленные приводные двигатели 5 и тормоза в виде многодисковых муфт 6. Роторы приводных двигателей 5 связаны с солнечными шестернями 14 первых планетарных ступеней редукторов, которые посредством сателлитов 17 и водил 18 соединены с солнечными шестернями 9 вторых ступеней, связанных посредством сателлитов 11, водил 10 и коронных шестерен 12 с колесами. Многодисковые муфты 6 тормозов размещены между планетарными ступенями и снабжены фрикционными дисками 22 и нажимными дисками 23, установленными с возможностью осевого перемещения под воздействием силовых механизмов управления. Приводные двигатели 5 размещены в корпусе 1 моста. Первые планетарные ступени редукторов и многодисковые муфты 6 тормозов также размещены в корпусе 1 моста между двигателями 5 и поворотными осями 3. Тормоза снабжены вторыми многодисковыми муфтами 24. Силовые механизмы управления тормозами размещены между муфтами 6, 24. Фрикционные диски 22 и нажимные диски 23 муфты 6 размещены на коронных шестернях 19, установленных на водилах 18 первых

планетарных ступеней, и в корпусе 1 моста. Фрикционные диски 25 и нажимные диски 26 муфты 24 установлены на промежуточных дисках 27 и в корпусе моста. Достигается повышение надежности моста.» [25]

«Анализ патентных образцов позволяет оценить преимущества и недостатки технических решений, представленных в патентах. Это включает анализ их производительности, надежности, эффективности и экономичности. Оценка преимуществ и недостатков позволяет определить, какие решения могут быть наиболее полезными и целесообразными для внедрения в конструкцию ведущих мостов. Патентные образцы могут содержать инновационные идеи, которые могут стать основой для разработки улучшенных ведущих мостов. Изучение таких идей и их адаптация для конкретных требований и условий использования может привести к созданию новых и уникальных конструкций. Анализ патентных образцов позволяет сравнить предложенные решения с уже существующими ведущими мостами на рынке. Это помогает определить, в чем заключается новизна и уникальность патентных образцов, и какие преимущества они могут предоставить по сравнению с существующими решениями.» [15]

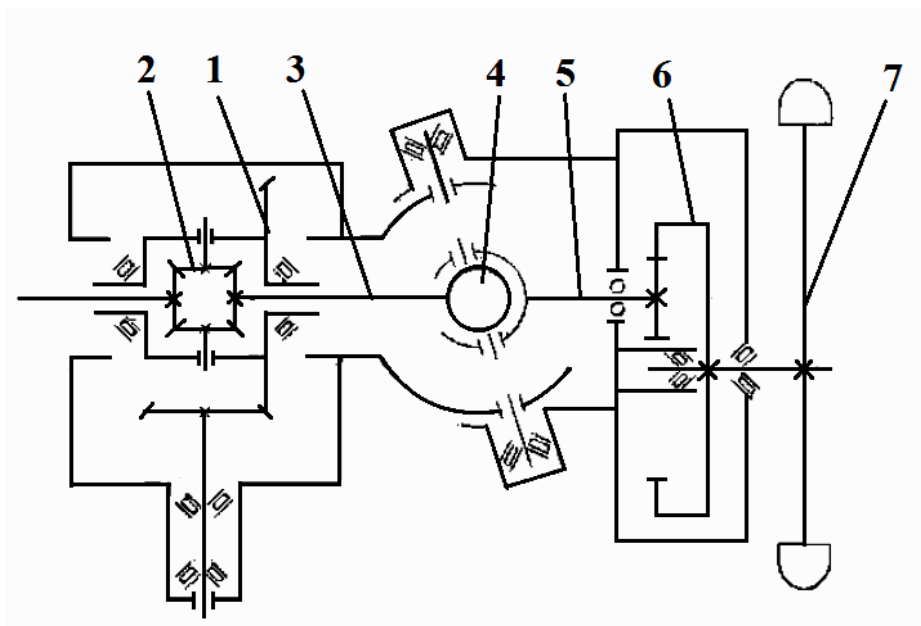
1.4 Выбор конструкции ведущего моста для дальнейшей разработки

Выбор конструкции ведущего моста для дальнейшей разработки требует тщательного анализа и учета множества факторов. Этот процесс включает в себя оценку различных конструктивных решений, а также анализ требований и условий эксплуатации автомобиля. Нами были проанализированы возможные конструкции ведущих мостов и проведен патентный поиск по тематике разработки. Для грузовиков и тяжелых внедорожников рекомендуется жесткий ведущий мост с надежным дифференциалом, обеспечивающим высокую прочность и грузоподъемность. Именно такой тип конструкции взят нами на конструкторскую проработку.

«Проанализировав существующие конструкции ведущих мостов, для проектируемого автомобиля принимаем следующий вариант переднего ведущего моста:

- балка моста – переменного сечения, литая;
- главная передача – двойная разнесенная, состоящая из центральной конической передачи и колесного планетарного редуктора;
- дифференциал – конический симметричный;
- схема подшипникового узла – с разгруженной полуосью;
- привод к ведущим колесам – сдвоенный ШРУС

Схема выбранного варианта переднего ведущего моста представлена на рисунке 8» [11]



1 – главная передача; 2 – дифференциал; 3, 5 – полуоси; 4 – ШРУС; 6 – колесный редуктор; 7 – колесо

Рисунок 8 – Схема выбранного варианта ведущего моста

Выбор конструкции ведущего моста зависит от конкретных требований и условий эксплуатации автомобиля. Тщательный анализ и испытания

помогут определить наиболее подходящую конструкцию, которая обеспечит оптимальные характеристики производительности, надежности и комфорта.

1.5 Обоснование выбора конструкторского решения подвески моста

При выборе конструкционного решения подвески моста необходимо учитывать множество факторов, таких как тип транспортного средства, условия эксплуатации, требования к комфорту, управляемости, надежности и стоимости. Выбор конструкционного решения подвески моста зависит от множества факторов, таких как тип транспортного средства, условия эксплуатации, технические характеристики и экономические аспекты.

Для транспортных средств повышенной проходимости наиболее оптимальным выбором будет являться рессорная подвеска. Выбор нами этого типа подвески основан на комплексе причин. Рессорная подвеска, особенно листовые рессоры, обладает высокой прочностью и способна выдерживать большие нагрузки и суровые условия эксплуатации. В то же время, простая конструкция рессорной подвески обеспечивает ее надежность, что особенно важно для внедорожных условий, где возможны удары, вибрации и постоянные нагрузки.

Рессоры помогают сохранять устойчивость автомобиля на неровных дорогах и бездорожье. Это особенно важно для грузовиков, которые перевозят тяжелые и не всегда равномерно распределенные грузы. Также, рессорная подвеска позволяет увеличить дорожный просвет, что улучшает проходимость автомобиля, особенно при движении по каменистым, песчаным или заболоченным участкам.

Рессорная подвеска имеет простую конструкцию по сравнению с независимой подвеской, что облегчает её производство и снижает затраты на техническое обслуживание. В условиях бездорожья простота и ремонтпригодность подвески являются важными факторами. Рессоры можно легко заменить или отремонтировать даже в полевых условиях при наличии

возимого в автомобиле инструмента. Важным фактором является тот факт, что рессорная подвеска меньше подвержена загрязнению грязью, песком и другими посторонними частицами, что особенно важно при эксплуатации в тяжелых дорожных условиях.

Рессорная подвеска является оптимальным выбором для грузового автомобиля повышенной проходимости по ряду причин, включая её высокую прочность и надежность, способность обеспечивать стабильность и проходимость на сложных участках дороги, простоту конструкции и обслуживания, экономичность и долговечность. Эти факторы делают рессорную подвеску наиболее подходящей для эксплуатации в тяжелых условиях, где важны надежность и минимизация простоев автомобиля.

В ходе выполнения первого раздела дипломного проекта «Технико-экономический анализ объекта дипломного проекта» были сделаны следующие выводы по результатам проделанной работы.

В разделе были проанализированы различные типы ведущих мостов, включая жесткие неразрезные мосты, мосты с независимой подвеской и полуосевые мосты. Установлено, что для грузовых автомобилей повышенной проходимости неразрезной мост с рессорной подвеской является наиболее подходящим решением благодаря своей прочности, надежности и способности выдерживать большие нагрузки.

Проведен патентный поиск с целью выявления новейших технологий и конструктивных решений в области ведущих мостов. На основе анализа патентов были выделены перспективные технологии, такие как улучшенные материалы и системы смазки и охлаждения, которые могут быть интегрированы в конструкцию разрабатываемого ведущего моста.

Рассмотрены и обоснованы преимущества рессорной подвески для грузовых автомобилей повышенной проходимости, а именно:

- высокая прочность и надежность, что особенно важно в условиях бездорожья;

- простота конструкции, обеспечивающая легкость в обслуживании и ремонте;
- способность обеспечивать высокий дорожный просвет и устойчивость автомобиля на неровных дорогах;
- экономичность производства и эксплуатации благодаря долговечности и низкой стоимости компонентов;
- меньшая подверженность загрязнению, что повышает надежность работы подвески в тяжелых дорожных условиях.

Жесткий мост с рессорной подвеской является оптимальным выбором для грузового автомобиля повышенной проходимости. Эта конструкция обеспечивает необходимую прочность, надежность и устойчивость при эксплуатации в тяжелых условиях, таких как бездорожье и перевозка тяжелых грузов. Рессорная подвеска, благодаря своей простоте и ремонтпригодности, обеспечивает экономичность эксплуатации и снижает затраты на техническое обслуживание, что является важным фактором при выборе конструкции для грузового автомобиля. Таким образом, выбор жесткого моста с рессорной подвеской обоснован как с технической, так и с экономической точки зрения, что делает его наиболее подходящим решением для данного типа транспортного средства.

2 Тяговый расчет грузового автомобиля

2.1 Расчет внешней скоростной характеристики

Тяговый расчет выполняется для определения мощностных и силовых параметров транспортного средства. Главным образом, результаты расчета будут использованы для дальнейших конструкторских расчетов, поскольку становится возможным определить силы и моменты, передаваемые от трансмиссии к колесам транспортного средства на различных режима движения.

«Приведем исходные данные к проекту, а также необходимые характеристики автомобиля-прототипа, рисунок 9.

Общие параметры:

- максимальная нагрузка на передний мост – 7500 кг;
- полная масса автомобиля 17000 кг;
- максимальная скорость автомобиля – 90 км/ч;
- шины – 14R20.» [1]

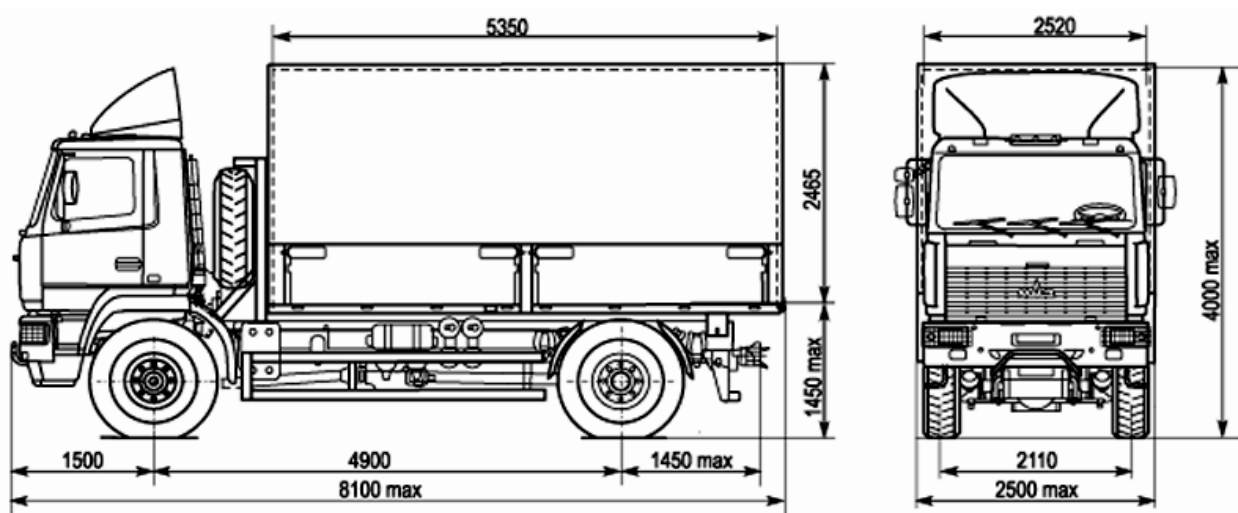


Рисунок 9 – Габаритные размеры автомобиля-прототипа

Определение расчетного радиуса качения колеса

Расчетный радиус качения вычисляется по формуле

$$r_o = 0,5 \cdot (0,5 \cdot D_H + r_{ст}), \quad (1)$$

«где D_H – свободный диаметр шины,

$r_{ст}$ – статический радиус шины.» [1]

Для шины 14R20: $D_H = 1,238$ м, $r_{ст} = 0,565$ м

$$r_o = 0,5 \cdot (0,5 \cdot 1,238 + 0,565) = 0,592 \text{ м}$$

Определение параметров лобового сопротивления

«Лобовую площадь автомобиля рассчитаем по формуле» [12]

$$A_B = C \cdot [(H_T - h) \cdot B_T] + n_{ш} \cdot h \cdot B_{ш}, \quad (2)$$

где C – коэффициент формы:

$$C = 1,0.$$

H_T и B_T – габаритные высота и ширина автомобиля соответственно:

$$H_T = 4,0 \text{ м}; B_T = 2,5 \text{ м}.$$

« $n_{ш}$ – максимальное число колес одного моста автомобиля, $n_{ш} = 2$.

h – расстояние от бампера до поверхности дороги, $h = r_{ст} = 0,6$ м.

$B_{ш}$ – ширина профиля шины, $B_{ш} = 0,409$ м.» [1]

$$A_B = 1,0 \cdot [(4,0 - 0,6) \cdot 2,5] + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,409 = 8,991 \text{ м}^2$$

«Коэффициент сопротивления воздуха $k_B = 0,45 \dots 0,65$, принимаем $k_B = 0,6$.

Мощность двигателя, необходимая для обеспечения максимальной скорости движения автомобиля:» [1]

$$P_{ev} = \frac{V_{amax}}{3,6 \cdot \eta_{mpa} \frac{k_6 \cdot A_6 \cdot V_{amax}^2}{3,6^2}}, \quad (3)$$

Принимаем $\psi = 0,025$.

$$\eta_{mp} = \eta_{цш}^k \cdot \eta_{цшв}^l \cdot \eta_{кш}^m \cdot \eta_{кс}^n, \quad (4)$$

«где k, l, m и n – соответственно число пар цилиндрических шестерен внешнего зацепления (цш), внутреннего зацепления (цшв), конических шестерен (кш) и число карданных сочленений (кс), передающих крутящий момент от коленвала двигателя к ведущим колесам на i – передаче в коробке передач.» [3]

$$k = 5; l = 1; m = 2; n = 3.$$

$$P_{ev} = \frac{90}{3,6 \cdot 0,855} \cdot \left(9,81 \cdot 17000 \cdot 0,025 + \frac{0,6 \cdot 8,991 \cdot 90^2}{3,6^2} \right) = 220,5 \text{ кВт}.$$

Максимальная стендовая мощность

$$P_{етax}^{стevст}, \quad (5)$$

где $k_{ст}$ – коэффициент коррекции, $k_{ст} = 0,95$

$$P_{етax}^{ст}$$

«Принимаем двигатель ЯМЗ-65852 со следующими характеристиками (по данным с сайта):

– номинальная мощность – 243 кВт;

- максимальный крутящий момент – 1275 Нм;
- частота вращения при номинальной мощности – 1900 об/мин;
- частота вращения при максимальном моменте – 1100...1500 об/мин;
- минимальный удельный расход топлива – 194,5 г/кВт·ч.» [2]

«Скоростная характеристика двигателя – зависимость эффективной мощности P_e и крутящего момента M_e двигателя при установившемся режиме его работы от угловой скорости ω_e коленвала двигателя или частоты его вращения n_e .» [1]

«Важнейшими параметрами внешней (полученной при полной подаче топлива) скоростной характеристики двигателя, снятой на тормозном стенде, являются:

$P_{e\max}^{ст}$ – максимальная эффективная мощность;

$M_{e\max}^{ст}$ – максимальный крутящий момент;

$M_p^{ст}$ – крутящий момент при максимальной мощности;

$n_{e\min}$ и $n_{e\max}$ – максимальная и минимальная частоты вращения коленвала двигателя;

n_p и n_m – частоты вращения коленвала двигателя при максимальной мощности и максимальном моменте.» [16]

Зависимость $P_e = f(n_e)$ определяется по формуле, [14]:

$$P_e = P \left[a \cdot \frac{n_e}{n_p} + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_p} \right)^2 + c \cdot \left(\frac{n_e}{n_p} \right)^3 \right]_{e\max}, \quad (6)$$

где a , b , c – коэффициенты,

$$a = \frac{1+k_m \cdot k_\omega \cdot (k_\omega - 2)}{(k_\omega - 1)^2}; b = \frac{2 \cdot k_\omega \cdot (k_m - 1)}{(k_\omega - 1)^2}; c = \frac{k_\omega^2 \cdot (1 - k_m)}{(k_\omega - 1)^2}, \quad (7)$$

где k_ω и k_m – соответственно коэффициент приспособляемости двигателя по угловой скорости и крутящему моменту.

$$P_e^{cm} = P_e / k_{cm} \quad (8)$$

«По известной зависимости мощности от частоты вращения коленвала определим крутящий момент» [14]:

$$M_e = 9550 \cdot P_e / n_e, \quad (9)$$

$$M_e^{cm} = M_e / k_{cm} \quad (10)$$

Рассчитаем значения параметров для частоты вращения 900 об/мин.

$$k_m = 1,05; k_\omega = 1,46 \quad (11)$$

$$a = 0,814; b = 0,69; c = -0,504.$$

$$P_e = 243 \cdot 0,95 \cdot \left[0,814 \cdot \frac{900}{1900} + 0,69 \cdot \left(\frac{900}{1900} \right)^2 - 0,504 \cdot \left(\frac{900}{1900} \right)^3 \right]$$

$$= 112,4 \text{ кВт.}$$

$$P_e^{cm} = 115,4 / 0,95 = 118,3 \text{ кВт.}$$

$$M_e = 9550 \cdot 112,4 / 900 = 1192,3 \text{ Нм}$$

$$M_e^{cm} = 1192,3 / 0,95 = 1255,0 \text{ кВт.}$$

Расчет сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Данные для построения графиков внешней скоростной характеристики двигателя и оценки тягово-скоростных свойств автомобиля

Параметры		Частота вращения, об/мин							
Обозначение	Размерность	900	1100	1300	1500	1700	1900		
n_e/n_p	-	0,474	0,579	0,684	0,789	0,895	1		
$P_{e}^{ст}$	кВт	118,3	146,9	174,6	200,4	223,5	243,0		
P_e	кВт	112,4	139,6	165,8	190,4	212,3	230,9		
$M_{e}^{ст}$	Нм	1255,0	1271,5	1275,0	1271,7	1250,1	1214,4		
M_e	Нм	1192,3	1208,0	1211,3	1208,1	1187,6	1153,6		
Передача 1	$U_1=7,3; \delta_1=3,172$	V_a	км/ч	4,15	5,07	5,99	6,91	7,83	8,76
		F_k	кН	83,4	84,5	84,7	84,5	83,1	80,7
		f	-	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
		F_f	кН	1,168	1,169	1,169	1,169	1,170	1,171
		F_B	кН	0,007	0,011	0,015	0,020	0,026	0,032
		D	-	0,500	0,508	0,508	0,507	0,498	0,484
		a_x	м/с ²	1,525	1,550	1,549	1,545	1,519	1,474
Передача 2	$U_2=4,86; \delta_2=1,985$	V_a	км/ч	6,23	7,61	9,00	10,38	11,77	13,15
		F_k	кН	55,5	56,3	56,4	56,3	55,3	53,7
		f	-	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
		F_f	кН	1,169	1,170	1,171	1,172	1,173	1,175
		F_B	кН	0,016	0,024	0,034	0,045	0,058	0,072
		D	-	0,333	0,337	0,338	0,337	0,331	0,322
		a_x	м/с ²	1,610	1,632	1,636	1,631	1,603	1,555
Передача 3	$U_3=3,5; \delta_3=1,53$	V_a	км/ч	8,65	10,57	12,49	14,42	16,34	18,26
		F_k	кН	40,0	40,5	40,6	40,5	39,8	38,7
		f	-	0,0070	0,0070	0,0070	0,0071	0,0071	0,0071
		F_f	кН	1,171	1,172	1,174	1,176	1,179	1,181
		F_B	кН	0,031	0,047	0,065	0,087	0,111	0,139
		D	-	0,240	0,243	0,243	0,242	0,238	0,231
		a_x	м/с ²	1,491	1,511	1,514	1,509	1,482	1,437
Передача 4	$U_4=2,48; \delta_4=1,286$	V_a	км/ч	12,21	14,92	17,63	20,35	23,06	25,77
		F_k	кН	28,3	28,7	28,8	28,7	28,2	27,4
		f	-	0,0070	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0072
		F_f	кН	1,174	1,177	1,181	1,185	1,190	1,195
		F_B	кН	0,062	0,093	0,129	0,172	0,221	0,277
		D	-	0,170	0,172	0,172	0,171	0,168	0,163
		a_x	м/с ²	1,239	1,255	1,257	1,251	1,226	1,187
Передача 5	$U_5=2,09; \delta_5=1,215$	V_a	км/ч	14,49	17,71	20,92	24,14	27,36	30,58
		F_k	кН	23,9	24,2	24,3	24,2	23,8	23,1
		f	-	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0072	0,0072
		F_f	кН	1,176	1,181	1,186	1,192	1,199	1,207
		F_B	кН	0,087	0,131	0,182	0,243	0,312	0,389
		D	-	0,143	0,144	0,144	0,144	0,141	0,136
		a_x	м/с ²	1,095	1,108	1,108	1,102	1,079	1,041

Продолжение таблицы 1

Параметры			Частота вращения, об/мин						
Обозначение	Размерность		900	1100	1300	1500	1700	1900	
Передача 6	$U_6=1,39;$ $\delta_6=1,117$	V_a	км/ч	21,78	26,62	31,46	36,30	41,14	45,98
		F_k	кН	15,9	16,1	16,1	16,1	15,8	15,4
		f	-	0,0071	0,0072	0,0072	0,0073	0,0074	0,0075
		F_f	кН	1,187	1,197	1,209	1,223	1,239	1,256
		F_B	кН	0,198	0,295	0,412	0,549	0,705	0,880
		D	-	0,094	0,095	0,094	0,093	0,091	0,087
		a_x	м/с ²	0,763	0,768	0,764	0,754	0,730	0,696
Передача 7	$U_7=1,0;$ $\delta_7=1,08$	V_a	км/ч	30,28	37,00	43,73	50,46	57,19	63,92
		F_k	кН	11,4	11,6	11,6	11,6	11,4	11,1
		f	-	0,0072	0,0073	0,0075	0,0076	0,0078	0,0080
		F_f	кН	1,206	1,225	1,248	1,274	1,305	1,339
		F_B	кН	0,382	0,570	0,796	1,06	1,361	1,701
		D	-	0,066	0,066	0,065	0,063	0,060	0,056
		a_x	м/с ²	0,536	0,533	0,521	0,503	0,475	0,437
Передача 8	$U_8=0,71;$ $\delta_8=1,06$	V_a	км/ч	42,64	52,12	61,59	71,07	80,55	90
		F_k	кН	8,1	8,2	8,2	8,2	8,1	7,8
		f	-	0,0075	0,0077	0,0080	0,0083	0,0086	0,0090
		F_f	кН	1,244	1,282	1,327	1,38	1,44	1,508
		F_B	кН	0,757	1,131	1,579	2,103	2,701	3,373
		D	-	0,044	0,042	0,040	0,037	0,032	0,027
		a_x	м/с ²	0,339	0,322	0,296	0,263	0,219	0,165

Результаты расчета в виде графиков приводятся в Приложении А и на листе графической части.

2.2 Расчет силы тяги на ведущих колесах

«Тяговая характеристика автомобиля – график зависимости окружной силы на колесах автомобиля от скорости автомобиля.

Кривые изменения окружной силы на передачах строим по данным, определенным по формуле» [14]:

$$F_k = M_e \cdot U_{mp} \cdot \eta_{mp} / r_0 \quad (12)$$

«Скорость автомобиля, в зависимости от выбранной передачи и частоты вращения коленвала двигателя определяется по формуле» [14]:

$$V_a = 0,377 \cdot n_e \cdot r_0 / U_{mp} \quad (13)$$

Сила сопротивления качению колес:

$$F_f = G_a \cdot f, \quad (14)$$

«где f – коэффициент сопротивления качению колес» [14]:

$$f = f_0 \cdot [1 + (0,006 \cdot V_a)^2], \quad (15)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью, $f_0 = 0,007$

«Сила сопротивления воздуха» [14]:

$$F_e = k_e \cdot A_e \cdot V_a^2 \quad (16)$$

«Также на графике указывается сила сцепления ведущих колес автомобиля с поверхностью дорожного покрытия F_ϕ ,» [14]:

$$F_\phi = G_\phi \cdot \phi, \quad (17)$$

где G_ϕ – сцепной вес автомобиля, в случае полноприводного автомобиля:

$$G_\phi = G_a. \quad (18)$$

ϕ – коэффициент сцепления шин автомобиля с поверхностью дорожного покрытия, принимаем $\phi = 0,8$.

$$F_{\phi} = 9,81 \cdot 17000 \cdot 0,8 = 133416,0H$$

Рассчитаем значения параметров для первой передачи и частоты вращения коленвала двигателя 900 об/мин.

$$V_a = 0,377 \cdot 900 \cdot 0,592 / (7,3 \cdot 1,644 \cdot 3,42 \cdot 1,18) = 4,15 \text{ км/ч}$$

$$F_k = \frac{1192,3 \cdot 7,3 \cdot 1,644 \cdot 3,42 \cdot 1,18 \cdot 0,855}{0,592} = 83,4 \text{ кН}$$

$$f = 0,007 \cdot [1 + (0,006 \cdot 4,15)^2] = 0,007$$

$$F_f = 9,81 \cdot 17000 \cdot 0,007 = 1,168 \text{ кН}$$

$$F_g = 0,6 \cdot 8,991 \cdot 4,15^2 = 0,007 \text{ кН}$$

«Результаты расчета для построения тяговой характеристики автомобиля заносим в таблицу 2. По данным таблицы строим график тяговой характеристики автомобиля, который отображается в приложении и на листе графической части.» [1]

2.3 Расчет мощности на колесах автомобиля

«Мощностная характеристика автомобиля – это график, отражающий соотношение мощности P_k , подводимой к ведущим колесам, с мощностью, необходимой для преодоления сопротивления движению.

Пользуясь внешней скоростной характеристикой двигателя и данными, для каждой передачи строится зависимость $P_e = f(V_a)$.» [4]

«Мощность, подводимая на каждой передаче от двигателя к ведущим колесам автомобиля» [14]:

$$P_k = P_e \cdot \eta_{mp} \quad (19)$$

«В нижней части графика помещаем характеристику $P_\psi = P_f = f(V_a)$, вверх от которой откладываются значения мощности P_b , затраченной на преодоление сопротивления воздуха.

Данные мощности определяются из выражений,» [14]:

$$P_f = F_f \cdot V_a, \quad (20)$$

$$P_g = F_g \cdot V_a \quad (21)$$

«Отношение мощности, необходимой для равномерного движения автомобиля, к мощности, которую двигатель может развить при полной подаче топлива и той же скорости движения автомобиля называют степенью использования мощности двигателя» [14]:

$$И = (P_\psi + P_g)/P_k \quad (22)$$

Рассчитаем значения параметров для первой передачи и частоты вращения коленвала двигателя 900 об/мин.

$$P_k = 112,4 \cdot 0,855 = 96,1 \text{ кВт};$$

$$P_f = 1,168 \cdot 4,15/3,6 = 1,35 \text{ кВт};$$

$$P_g = 0,003 \cdot 4,15/3,6 = 0,001 \text{ кВт};$$

«Результаты расчета для построения мощностной характеристики автомобиля заносим в таблицу 2. По данным таблицы строим график мощностной характеристики автомобиля, который отображается в приложении и на листе графической части.» [1]

Таблица 2 – Данные для построения мощностной характеристики автомобиля

Параметры		Частота вращения, об/мин							
Обозначение	Размерность	900	1100	1300	1500	1700	1900		
P_e		кВт	112,4	139,6	165,8	190,4	212,3	230,9	
Передатчa 1	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	4,15	5,07	5,99	6,91	7,83	8,76
		V_a	м/с	1,15	1,41	1,66	1,92	2,18	2,43
		P_f	кВт	1,35	1,65	1,95	2,25	2,55	2,85
		P_B	кВт	0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,08
		И	-	0,0141	0,0139	0,0139	0,0140	0,0143	0,0148
Передатчa 2	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	6,23	7,61	9,00	10,38	11,77	13,15
		V_a	м/с	1,73	2,11	2,50	2,88	3,27	3,65
		P_f	кВт	2,02	2,47	2,93	3,38	3,83	4,29
		P_B	кВт	0,03	0,05	0,08	0,13	0,19	0,26
		И	-	0,0213	0,0212	0,0212	0,0216	0,0222	0,0231
Передатчa 3	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	8,65	10,57	12,49	14,42	16,34	18,26
		V_a	м/с	2,40	2,94	3,47	4,00	4,54	5,07
		P_f	кВт	10,13	3,44	4,07	4,71	5,35	5,99
		P_B	кВт	0,07	0,14	0,23	0,35	0,50	0,70
		И	-	0,1062	0,0300	0,0303	0,0311	0,0322	0,0339
Передатчa 4	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	12,21	14,92	17,63	20,35	23,06	25,77
		V_a	м/с	3,39	4,14	4,90	5,65	6,41	7,16
		P_f	кВт	3,98	4,88	5,78	6,70	7,62	8,56
		P_B	кВт	0,21	0,38	0,63	0,97	1,42	1,98
		И	-	0,0436	0,0441	0,0452	0,0471	0,0498	0,0534
Передатчa 5	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	14,49	17,71	20,92	24,14	27,36	30,58
		V_a	м/с	4,02	4,92	5,81	6,71	7,60	8,49
		P_f	кВт	4,73	5,81	6,89	7,99	9,11	10,25
		P_B	кВт	0,35	0,64	1,06	1,63	2,37	3,31
		И	-	0,0529	0,0540	0,0561	0,0591	0,0633	0,0687
Передатчa 6	$\eta_{гр} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	21,78	26,62	31,46	36,30	41,14	45,98
		V_a	м/с	6,05	7,39	8,74	10,08	11,43	12,77
		P_f	кВт	7,18	8,85	10,57	12,33	14,15	16,05
		P_B	кВт	1,19	2,18	3,60	5,53	8,05	11,24
		И	-	0,0872	0,0925	0,0999	0,1097	0,1223	0,1383

Продолжение таблицы 2

Параметры			Частота вращения, об/мин						
Обозначение	Размерность		900	1100	1300	1500	1700	1900	
P_e		кВт	112,4	139,6	165,8	190,4	212,3	230,9	
Передача 7	$\eta_{\text{тр}} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	30,28	37,00	43,73	50,46	57,19	63,92
		V_a	м/с	8,41	10,28	12,15	14,02	15,89	17,75
		P_f	кВт	10,14	12,59	15,16	17,86	20,73	23,77
		P_B	кВт	3,21	5,86	9,67	14,86	21,63	30,19
		И	-	0,1390	0,1546	0,1751	0,2010	0,2333	0,2734
Передача 8	$\eta_{\text{тр}} = 0,855$	P_k	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V_a	км/ч	42,64	52,12	61,59	71,07	80,55	90,02
		V_a	м/с	11,84	14,48	17,11	19,74	22,37	25,01
		P_f	кВт	14,73	18,55	22,70	27,24	32,22	37,71
		P_B	кВт	8,97	16,37	27,02	41,51	60,42	84,35
		И	-	0,2467	0,2926	0,3506	0,4224	0,5104	0,6184

Результаты расчета в виде графиков приводятся в Приложении А и на листе графической части.

2.4 Динамическая характеристика автомобиля

«Для построения графика динамической характеристики воспользуемся безразмерной величиной D – динамическим фактором, равным отношению свободной силы тяги к силе тяжести автомобиля» [14]:

$$D = (F_k - F_g)/G_a \quad (23)$$

«Графическое изображение зависимости динамического фактора от скорости движения автомобиля на различных передачах в коробке передач и полной нагрузке на автомобиль называется динамической характеристикой автомобиля. Для расчета динамического фактора воспользуемся данными таблицы 3.1.

Рассчитаем значения параметров для первой передачи и частоты вращения коленвала двигателя 900 об/мин» [1]

$$D = (83,4 - 0,007)/(9,81 \cdot 17) = 0,5$$

«Результаты расчета для построения динамической характеристики автомобиля заносим в таблицу 3. По данным таблицы строим график динамической характеристики автомобиля.» [2]

2.5 Ускорения автомобиля на передачах

«Ускорение автомобиля при разгоне характеризует его способность быстро трогаться с места и увеличивать скорость движения.

Величину ускорения найдем из уравнения:» [1]

$$a_x = \frac{D-f}{\delta} \cdot g, \quad (24)$$

«где δ – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля:» [2]

$$\delta = 1 + \sigma_1 \cdot U_{kn}^2 + \sigma_2 \quad (25)$$

Для одиночных автомобилей при номинальной нагрузке принимаем:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 0,04$$

«Рассчитаем значения параметров для первой передачи и частоты вращения коленвала двигателя 900 об/мин.» [1]

$$\delta = 1 + 0,04 \cdot 7,3^2 + 0,04 = 3,172;$$

$$a_x = \frac{0,5-0,007}{3,172} \cdot 9,81 = 1,525 \text{ м/с}^2.$$

Результаты расчета для построения графика ускорений автомобиля на передачах заносим в таблицу 3. По данным таблицы строим график ускорений автомобиля на передачах.

2.6 Время и путь разгона автомобиля

«Трогание с места начинают на передаче, обеспечивающей максимальное ускорение. В данном случае передача, на которой обеспечивается максимальное ускорение – третья.

Время разгона автомобиля на j -й передаче от скорости $V_{\min,j}$ до скорости $V_{\max,j}$ находим, исходя из следующих отношений» [14]:

$$a_x = \frac{dV_a}{dt}, dt = \frac{dV_a}{a_x}, t = \int_{V_{\min,j}}^{V_{\max,j}} \frac{dV_a}{a_x} \quad (26)$$

«Интегрирование последнего выражения производим численным методом. Для этого кривые ускорения на каждой передаче разбиваем на 5 одинаковых интервалов.

Предполагается, что в интервале скоростей $\Delta V_i = V_{i+1} - V_i$ автомобиль движется равноускоренно с ускорением.» [14]:

$$a_{i,cp} = 0,5 \cdot (a_i + a_{i+1}) \quad (27)$$

«Время движения автомобиля, за которое его скорость возрастает на величину ΔV_i , определяем по закону равноускоренного движения.» [14]:

$$\Delta t = \Delta V_i / a_{i,cp} \quad (28)$$

«Общее время разгона автомобиля на j -й передаче от скорости $V_{\min,j}$ до скорости $V_{\max,j}$, при которой прекращается движение на j -й передаче, находим суммированием времен разгона в интервалах.

По накопленным значениям Δt_i , определенным для различных скоростей, строим кривую времени разгона на j -й передаче, начиная со скорости $V_{\min,j}$.

Исходные данные и результаты расчета сводим в таблицу 3.» [2]

Путь разгона автомобиля определяется из выражения:

$$S = \int_0^t V_a \cdot dt. \quad (29)$$

Данный интеграл также вычисляется численными методами.

$$V_{i,cp} = 0,5 \cdot (V_i + V_{i+1}), \quad (30)$$

$$\Delta S_i = \Delta V_{i,cp} \cdot \Delta t. \quad (31)$$

«Результаты расчета приведем в Приложении А в виде графиков.

По накопленным значениям ΔS_i , определенным для различных скоростей, строим кривую пути разгона на j -й передаче, начиная со скорости $V_{\min,j}$ график которой отображается в приложении и на листе графической части» [4]

2.7 Расчет топливно-экономической характеристики

«Топливная характеристика установившегося движения – зависимость путевого расхода топлива Q_s от установившейся скорости V_a при движении автомобиля по ровной горизонтальной дороге на высшей передаче в КПП.» [1]

Удельный расход топлива, [14]:

$$g_e = g_{ep} \cdot k_{II} \cdot k_E, \quad (32)$$

где k_{II} и k_E – коэффициенты, зависящие соответственно от степени использования мощности и частоты вращения двигателя.

Степень использования частоты вращения двигателя, [14]:

$$E = n_e/n_p \quad (33)$$

«Зависимости $k_{И} = f(I)$ и $k_E = f(E)$ при расчетах определяются как:

$$k_{И} = 1,2 + 0,14 \cdot I - 1,8 \cdot I^2 + 1,8 \cdot I^3,$$

$$k_E = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3.» [2]$$

«Удельный расход топлива двигателем при максимальной мощности g_{ep} обычно на 5...10% больше минимального удельного расхода топлива g_{emin} . Для выбранного двигателя $g_{emin} = 194,5$ г/кВт·ч.

Принимаем $g_{ep} = 1,07 \cdot g_{emin} = 1,07 \cdot 194,5 = 208,12$ г/кВт·ч.

При построении графика топливной характеристики установившегося движения для скорости автомобиля на высшей передаче определяются:

Обороты двигателя n_{ei} , соответствующие заданной в км/ч скорости V_i и вычисляемые по выражению:» [1], [18]

$$n_e = \frac{V_i \cdot U_{mp}^g}{0,377 \cdot r_0}. \quad (34)$$

Значения эффективной мощности на валу двигателя $P_{ei}^{ст}$, соответствующие полученным оборотам двигателя n_{ei} :

$$P_{ei}^{cm} = P_{emax}^{cm} \left[a \cdot \frac{n_{ei}}{n_p} + b \cdot \left(\frac{n_{ei}}{n_p} \right)^2 + c \cdot \left(\frac{n_{ei}}{n_p} \right)^3 \right] \quad (35)$$

Значения мощности, передающейся в трансмиссию автомобиля P_{ei} :

$$P_{ei} = P_e^{cm} \cdot k_{cm}. \quad (36)$$

Значения мощности, подводимой к ведущим колесам автомобиля P_{ki} :

$$P_{ki} = P_{ei} \cdot \eta_{mpi}. \quad (37)$$

«Значения мощностей, затрачиваемых на преодоление сил дорожного сопротивления $P_{\psi i}$ и сопротивления воздуха $P_{\epsilon i}$ » [1]

$$P_{\psi i} = G_a \cdot f_v \cdot V_i, \quad (38)$$

$$P_{\epsilon i} = k_{\epsilon} \cdot A_{\epsilon} \cdot V_i^2 \cdot V_i. \quad (39)$$

«Значения степени использования мощности I_i и частоты вращения двигателя E_i » [2]

$$I_i = (P_{\psi i} + P_{\epsilon i}) / P_{ki}, \quad (40)$$

$$E_i = n_{ei} / n_p. \quad (41)$$

«Далее определяются коэффициенты, зависящие от степени использования мощности двигателя $k_{И}$ и частоты вращения двигателя k_{E} » [1]

«Значения путевых расходов топлива при постоянных скоростях движения автомобиля на высшей передаче» [14]:

$$Q_s = 100 \cdot \frac{g_{ep} \cdot k_{Иi} \cdot k_{Ei} \cdot (P_{\psi i} + P_{\epsilon i})}{\eta_{mp}^6 \cdot \rho_m \cdot V_i}, \quad (42)$$

«Где ρ_T – плотность используемого топлива, для дизельного топлива $\rho_T = 860 \text{ кг/м}^3$ » [2]

Рассчитаем параметры для скорости 45 км/ч.

$$n_e = \frac{45 \cdot 0,71 \cdot 1,18 \cdot 1,644 \cdot 3,42}{0,377 \cdot 0,592} = 950 \text{ об/мин};$$

$$P_{ki} = 119,2 \cdot 0,855 = 101,9 \text{ кВт};$$

$$P_{\psi i} = 17000 \cdot 9,81 \cdot 0,0075 \cdot 45 = 15,7 \text{ кВт};$$

$$P_{ei} = 0,6 \cdot 8,991 \cdot 45^3 = 10,54 \text{ кВт};$$

$$I_i = (15,7 + 10,54) / 101,9 = 0,257;$$

$$E_i = 950 / 1900 = 0,5;$$

$$k_{\text{И}} = 1,2 + 0,14 \cdot 0,257 - 1,8 \cdot 0,257^2 + 1,8 \cdot 0,257^3 = 1,142;$$

$$k_{\text{Е}} = 1,25 - 0,99 \cdot 0,5 + 0,98 \cdot 0,5^2 - 0,24 \cdot 0,5^3 = 0,97;$$

$$Q_s = 100 \cdot \frac{208,12 \cdot 1,142 \cdot 0,97 \cdot (15,7 + 10,54)}{0,855 \cdot 860 \cdot 45} = 17,6 \text{ л/100 км}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Данные для построения топливной характеристики установившегося движения автомобиля

V _а , км/ч	n _е , об/мин	P _{ст_е} , кВт	P _е , кВт	P _{к_и} , кВт	P _ψ , кВт	P _в , кВт	И	Е	к _и	к _Е	Q _с , л/100 км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42,64	900	118,3	112,4	96,1	14,7	8,96	0,247	0,474	1,147	0,975	17,60
45	950	125,4	119,2	101,9	15,7	10,54	0,257	0,500	1,142	0,97	18,25
50	1055	140,6	133,5	114,2	17,7	14,45	0,281	0,556	1,129	0,961	19,75
55	1161	155,5	147,7	126,3	19,8	19,24	0,309	0,611	1,115	0,956	21,40
60	1266	170,0	161,5	138,1	22,0	24,98	0,340	0,667	1,097	0,954	23,19
65	1372	184,1	174,9	149,5	24,3	31,75	0,375	0,722	1,077	0,956	25,11
70	1477	197,6	187,7	160,5	26,7	39,66	0,414	0,778	1,053	0,96	27,13
75	1583	210,3	199,8	170,8	29,2	48,78	0,457	0,833	1,028	0,967	29,25
80	1688	222,2	211,1	180,5	31,9	59,20	0,505	0,889	1,0	0,976	31,45
85	1794	233,1	221,5	189,4	34,7	71,01	0,558	0,944	0,971	0,987	33,75
90	1900	243,0	230,8	197,3	37,7	84,29	0,618	1,0	0,944	1	36,20

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства

развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобиля КамАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автомобиля, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность автомобиля на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

3 Конструкторский раздел дипломного проекта

3.1 Расчет передаточных чисел редуктора ведущего моста

«Расчет редукторных узлов ведущего моста начинаем с определения передаточных чисел ступеней коробки передач автомобиля. В соответствии с принятым вариантом КП, передаточные числа передач отображаем в таблице 4:» [6], [23]

Таблица 4 – Передаточные числа КП ЯМЗ–2381

Номер передачи	Передаточное число
I	7,3
II	4,86
III	3,5
IV	2,48
V	2,09
VI	1,39
VII	1,0
VIII	0,71

«Определение передаточного числа главной передачи.

Так как принято решение использовать двойную разнесенную главную передачу, рассчитаем передаточное число центральной одинарной зубчатой передачи.» [12], [18].

$$U_{ГП} = 0,377 \cdot \frac{n_{o_{max}}}{U_{КП}^B \cdot U_{РК}^B \cdot U_{КР} \cdot V_{amax}}, \quad (43)$$

где $U_{КП}^B$ – передаточное число высшей передачи КП, $U_{КП}^B = 0,71$

$U_{РК}$ – передаточное число РК;

$U_{КР}$ – передаточное число колесного редуктора.

«В целях унификации принимаем серийные раздаточную коробку и колесный редуктор, применяемые на автомобиле-аналоге с известными передаточными числами:» [12]

$$U_{PK} = 1,18$$

$$U_{KP} = 3,43$$

$$U_{ГП} = 0,377 \cdot \frac{1900 \cdot 0,592}{0,71 \cdot 1,18 \cdot 3,42 \cdot 90} = 1,644$$

Дальнейший конструкторский расчет производим на основании полученных данных о передаточных чисел редуктора главной передачи.

3.2 Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи

Определим расчетный крутящий момент на шестерне ГП (меньший из двух определяемых):

$$M_{pc} = M_e \cdot U_{Т-В} \cdot \eta_{Т-В} \cdot \lambda \cdot \theta, \quad (44)$$

$$M_{p\phi} = m_{\phi} \cdot g \cdot r_0 / (U_{\beta-\kappa} \cdot \eta_{\beta-\kappa}) \quad (45)$$

«где λ – показатель доли мощности, которая передается рассматриваемым валом:» [15]

$$\lambda = m_{\phi} / m_{\Sigma\phi}, \quad (46)$$

$$\lambda = 7500 / 17000 = 0,441$$

« $U_{Т-В}$, $\eta_{Т-В}$ – передаточное число и КПД участка трансмиссии от рассматриваемого вала к ведущим колесам автомобиля;

$U_{В-К}$, $\eta_{В-К}$ – передаточное число и КПД участка трансмиссии от входного вала КПП к рассматриваемому валу;

Θ – коэффициент, учитывающий циркуляцию мощности при заблокированном приводе многоприводных автомобилей, $\Theta = 1,1$.» [8], [10]

$$M_{pc} = 1275 \cdot 7,3 \cdot 1,18 \cdot 0,855 \cdot 0,441 \cdot 1,1 = 4555,3 \text{ Нм},$$

$$M_{p\phi} = 7500 \cdot 9,81 \cdot 0,8 \cdot 0,595 / (3,42 \cdot 1,644 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,995) = 6627,8 \text{ Нм}.$$

$$M_p = M_{pc} = 4555,3 \text{ Нм}.$$

«Величину внешнего окружного модуля конической передачи m_{te} , зависящего от значения расчетного крутящего M_p Ведущей шестерни, рекомендуется выбирать по аналогии с современными конструкциями ведущих мостов автомобиля. Принимаем $m_{te} = 12,0$ мм.» [9], [24]

«Среднее делительное расстояние R_m , средний нормальный модуль m_{nm} , средний угол наклона зуба $\cos\beta_m$ определяются по формулам» [19]:

$$R_{te} = \frac{R}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}} \quad , \quad (47)$$

$$b = 0,3 \cdot R_e, \quad (48)$$

$$R_m = R_e - 0,5 \cdot b \quad (49)$$

$$m_{nm} = m_{te} \cdot (R_m / R_e) \cdot \cos \beta_m \quad (50)$$

$$\beta_m = 25 + 5 \cdot \sqrt{U_{III}} \quad (51)$$

Определим количество зубьев шестерни и зубчатого колеса.

$$U_{\Gamma\Pi} = z_2/z_1. \quad (52)$$

Предварительно принимаем число зубьев шестерни $z_1 = 14$. Тогда:

$$z_2 = z_1 \cdot U_{\Gamma\Pi} = 14 \cdot 1,644 = 23$$

Рассчитаем параметры зубчатой передачи:

$$R \sqrt{14^2 + 23^2} \text{ мм},$$

$$b_{\kappa} = 0,3 \cdot 161,6 = 50,0 \text{ мм},$$

$$b_{uu} = 1,1 \cdot b_{\kappa} = 1,1 \cdot 50,0 = 55,0 \text{ мм},$$

$$R_m = 161,6 - 0,5 \cdot 55,0 = 134,1 \text{ мм},$$

$$\beta_m = 25 + 5 \cdot \sqrt{1,644} = 31,5^\circ$$

$$m_{nm} = 12 \cdot (134,1/161,6) \cdot \cos 31,5^\circ = 8,5 \text{ мм}.$$

Принимаем $m_{nm} = 8,5$ мм.

Рассчитаем размеры зубчатых шестерни и колеса.

Величины углов делительных конусов:

$$\delta_1 = \arctg(z_1/z_2) = \arctg(14/23) = 31,3^\circ;$$

$$\delta_2 = \arctg(z_2/z_1) = \arctg(23/14) = 58,7^\circ.$$

«Начальные средние делительные диаметры шестерни и зубчатого колеса» [20]:

$$d_{wm} = m_{nm} \cdot z / \cos \beta_m, \quad (53)$$

$$d_{wm1} = m_{nm} \cdot z_1 / \cos \beta_m = 8,5 \cdot 14 / \cos 31,5^\circ = 139,6 \text{ мм};$$

$$d_{wm2} = m_{nm} \cdot z_2 / \cos \beta_m = 8,5 \cdot 23 / \cos 31,5^\circ = 229,3 \text{ мм}.$$

Внешние диаметры шестерни и зубчатого колеса, [20, с.77]:

– делительные:

$$d_e = m_{te} \cdot z, \quad (54)$$

$$d_{e1} = 12 \cdot 14 = 168,0 \text{ мм};$$

$$d_{e2} = 12 \cdot 23 = 276,0 \text{ мм}.$$

– вершин зубьев:

$$d_{ae} = d_e + 2 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta, \quad (55)$$

$$d_{ae1} = 168,0 + 2 \cdot 12 \cdot \cos 31,3^\circ = 188,5 \text{ мм};$$

$$d_{ae2} = 276,0 + 2 \cdot 12 \cdot \cos 58,7^\circ = 288,5 \text{ мм}.$$

– впадин зубьев:

$$d_{fe} = d_e - 2,4 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta, \quad (56)$$

$$d_{fe1} = 168,0 - 2,4 \cdot 12 \cdot \cos 31,3^\circ = 143,4 \text{ мм};$$

$$d_{fe2} = 276,0 - 2,4 \cdot 12 \cdot \cos 58,7^\circ = 261,0 \text{ мм}.$$

3.3 Выбор дифференциальной передачи для моста

«Для проектируемого ведущего моста выбираем симметричный шестеренчатый дифференциал с принудительной блокировкой.

Основные размеры зубчатых колес конического шестеренчатого дифференциала принимаем в соответствии с дифференциалом автомобиля-аналога КамАЗ – 5309:

- число сателлитов: $n = 4$;
- число зубьев сателлитов: $Z_{сд} = 11$;
- число зубьев шестерен: $Z_{ш} = 20$;

- внешний окружной модуль: $m_{\text{те.д}} = 7,0$ мм;
- внешнее конусное расстояние: $R_{\text{е.д}} = 66,8$ мм;
- угол профиля: $\beta_{\text{д}} = 20^\circ$;
- ширина венца: $b_{\text{д}} = 20,5$ мм.» [14]

3.4 Расчет осей привода ведущих колес

Проведем расчет осей привода ведущих колес для грузового автомобиля повышенной проходимости с рессорной подвеской.

«Привод к ведущим колесам в проектируемом ведущем мосте будет осуществляться посредством полуоси. Схема подшипникового узла – с разгруженной полуосью. Полуось – бесфланцевая.

Для передачи крутящего момента от полуосей на управляемые колеса используем шарниры равных угловых скоростей (ШРУС). Определим параметры ШРУСа. Для этого предварительно определим расчетное значение момента на карданной передаче. Для полноприводного автомобиля это момент M_{ϕ} .» [20]

$$M_{\phi} = \frac{m_{\phi} \cdot g \cdot \phi \cdot r_0}{U_{БР} \cdot \eta_{БР}} = \frac{7500 \cdot 9,81 \cdot 0,8 \cdot 0,592}{3,42 \cdot 0,98 \cdot 2} = 5198,3 \text{ Нм}$$

«Так как, благодаря применению бортового редуктора, расчетное значение крутящего момента относительно невелико, применение ШРУСа кулачкового типа нецелесообразно. Поэтому в проектируемом переднем ведущем мосте применим сдвоенный ШРУС. Предварительно принимаем следующие его параметры:

- высота по шипам, H – 127 мм;
- диаметр шипа, $d_{\text{ш}}$ – 33,65 мм;
- контактное напряжение по линии касания иглы с шипом, $\sigma_{\text{н}}$ – 2876,8 МПа;
- нагрузка на подшипник, P – 50,39 кН;

- грузоподъемность подшипника: статическая, $C_0 - 55,1$ кН;
динамическая, $C - 29,79$ кН.» [15]

3.5 Выбор колесных редукторов ведущего моста

Колесные редукторы ведущего моста являются важным элементом трансмиссии грузового автомобиля повышенной проходимости. Они позволяют уменьшить нагрузку на компоненты трансмиссии, повысить крутящий момент на колесах и улучшить проходимость автомобиля. В данном разделе будет рассмотрен выбор колесных редукторов для ведущего моста на основе технико-экономических показателей.

«Для проектируемого заднего ведущего моста выбираем планетарный, четырехсателлитный колесный редуктор, применяемый на автомобиле-аналоге. Основные размеры зубчатых колес колесного редуктора представлены в таблице 5.» [11]

Таблица 5 – Основные размеры зубчатых колес колесного редуктора

Параметр	Ведущее колесо	Сателлит	Коронное колесо
Число зубьев	21	15	51
Модуль, мм	5,0		
Угол зацепления исходного контура	20°		
Диаметр делит. Окружности, мм	95,5	70,0	237,0
Высота головки зуба, мм	5,0	5,0	2,83
Высота зуба полная, мм	10,0	9,0	9,38
Межосевое расстояние, мм	118,69		

Выбор колесных редукторов для ведущего моста грузового автомобиля повышенной проходимости был основан на анализе типов редукторов,

расчетах крутящего момента и передаточного числа, а также на оценке конкретных моделей с учетом их характеристик и стоимости. Планетарные редукторы были выбраны в качестве оптимального решения благодаря их компактности, высокой передаче крутящего момента и надежности.

На основании проведенного анализа, наиболее подходящими моделями для данного автомобиля являются редукторы с передаточным числом от 2 до 3, обеспечивающие крутящий момент на колесах в диапазоне от 8000 до 12000 Нм. Конкретный выбор модели будет зависеть от бюджета и технических требований, но все рассмотренные варианты удовлетворяют основным критериям надежности и эффективности.

В результате выполнения конструкторского раздела дипломного проекта были проведены расчеты основных параметров узлов ведущего моста автомобиля КамАЗ. Ниже представлены ключевые выводы, сделанные на основе проведенных расчетов.

Рассчитан максимальный крутящий момент на ведущем мосту, составляющий 4000 Нм, с учетом передаточного числа главной передачи и коэффициента полезного действия трансмиссии. Определены нагрузки на оси привода для различных конфигураций привода, что позволило точно определить крутящий момент для каждой оси.

Проведен анализ типов колесных редукторов, включая цилиндрические, планетарные и червячные редукторы. На основе анализа было выбрано использование планетарных редукторов благодаря их высокой компактности, эффективности и способности выдерживать большие нагрузки. Рассчитаны передаточные числа колесных редукторов, которые должны находиться в диапазоне от 2 до 3, чтобы обеспечить крутящий момент на колесах в пределах 8000-12000 Нм. Выбраны конкретные модели планетарных редукторов, удовлетворяющие требованиям по максимальному крутящему моменту, габаритам и надежности.

Обоснован выбор рессорной подвески для грузового автомобиля повышенной проходимости на основе её прочности, надежности, простоты

конструкции и способности обеспечивать высокий дорожный просвет. Рессорная подвеска также была выбрана из-за её экономичности в производстве и эксплуатации, а также легкости в обслуживании и ремонте, что особенно важно для условий бездорожья.

Проведенные расчеты подтвердили правильность выбранных конструкционных решений для ведущего моста автомобиля КамАЗ. Выбранные параметры и компоненты узлов ведущего моста обеспечивают необходимые эксплуатационные характеристики, включая высокую прочность, надежность, долговечность и эффективность в тяжелых условиях эксплуатации. Эти решения позволяют улучшить проходимость автомобиля, снизить нагрузку на трансмиссию и обеспечить стабильную работу транспортного средства в различных условиях.

«Таким образом, результаты конструкторского раздела дипломного проекта подтверждают, что выбранные и рассчитанные параметры узлов ведущего моста соответствуют требованиям, предъявляемым к грузовым автомобилям повышенной проходимости, что делает их оптимальными для применения в автомобиле КамАЗ.» [15]

4 Разработка технологического процесса сборки ступицы ведущего моста

Разработанная конструкция ведущего моста подразумевает монтаж на автомобиль КамАЗ с колесной формулой 4x4. Это означает, что ступица переднего ведущего моста должна иметь возможность не только поворота для обеспечения управляемости транспортного средства, но и иметь привод от редуктора моста посредством приводных валов. Конструкция моста – неразрезная балка. Разработка будет вестись исходя из этих особенностей конструкции.

«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, таблица 6.

Любая технологическая карта является руководящей инструкцией для каждого исполнителя, кроме того, служит документом для технического контроля выполнения технического обслуживания.

Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ технического обслуживания;
- специализированный пост зоны технического обслуживания (постовая карта);
- специализированное переходящее звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию технического обслуживания;

- операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место).» [14]

Таблица 6 – Технологическая карта сборки ступицы ведущего моста

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка ступицы				
005	Сборка колодок	1. Установить колодки в кондуктор 2. Установить стяжную пружину 3. Установить опору	Плоскошлицевая отвертка Плоскогубцы	1,45
010	Сборка ступицы	1. Установить подшипники на ступицу 2. Ввернуть шпильки 3. Установить крышку 4. Закрепить крышку болтами 5. Установить колодки в сборе на ступицу	Пресс 20т Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,20
2. Сборка колесного редуктора				
015	Сборка водила	1. Установить шестерни на водило 2. Установить игольчатые подшипники 3. Установить сателлиты 4. Установить шестерню	Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,65
020	Сборка редуктора	1. Установить ось ступицы 2. Установить сборку водила 3. Установить солнечную шестерню	Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,20
4. Окончательная сборка изделия				
025	Сборка ступицы	1. Установить корпус водила 2. Соединить удлы болтами 3. Ввернуть сливную пробку 4. Залить масло 5. Ввернуть заливную пробку	Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	5,20

В процессе разработки технологии сборки ступицы ведущего моста КамАЗ были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности тормозной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей ступицы ведущего моста, обеспечивающих надежность эксплуатации транспортного средства для исключения возможных дефектов узла на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы трансмиссии автомобиля.

Технология сборки ступицы ведущего моста КамАЗ разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки ступицы ведущего моста КамАЗ представляет собой важный этап в создании качественной и надежной системы пассивной безопасности, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

5 Безопасность и экологичность участка механической сборки

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта

В рамках выполнения дипломного проекта рассматривается технологический процесс сборки узлов и агрегатов транспортного средства, а также операции связанные с заготовительными и сборочно-сварочными работами по раме транспортного средства. Для осуществления данного технологического процесса, для его безопасной организации при производстве необходимо рассмотреть комплекс факторов, оказывающих влияние на рабочих, занятых при осуществлении комплексного технологического процесса сборки. Рассмотрим основные моменты, связанные с особенностями проведения технологического процесса, а также характеристики участка, на котором осуществляется технологическая операция.

Рама изделия, проектируемого в рамках дипломного проекта, представляет собой, изготовленную из стального проката различного сортамента. Материал труб – сталь 20 и сталь 20кп.

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как

сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

Общие технические характеристики участка приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Общие технические характеристики сборочного участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	С0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 380В
Выделенная мощность, кВА	25

Основные технологические операции, осуществляемые на сборочном участке, осуществляются в рамках технологического процесса. Основными этапами процесса сборки будут являться:

- заготовительные операции;
- операции черновой механической обработки;
- операции чистовой механической обработки;
- сварочные операции;
- сборочные операции из корпусных изделий и сборочных единиц;
- окрашивание или нанесение защитных покрытий.

В таблице 8 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 8 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительная операция	Резка профильной трубы	Слесарь 5-го разряда	Торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Черновая механическая обработка	Подрезка стыков	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Чистовая механическая обработка	Шлифовка	Слесарь 5-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20к
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-сборщик	Стапель сборки	Сталь 3, Сталь 20, Сталь 20кп
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Маляр	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Эмаль ЭЦ

Таким образом, определен перечень технологических операций, осуществляемых на участке. Далее следует определить перечень опасных и вредных факторов, воздействующих на работников, исходя из означенного перечня технологических операций.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Процесс механической обработки заготовок, изготовления узловых конструкций и окончательная сборка сопряжены с различными профессиональными рисками для работников. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются сотрудники на участке механической сборки, и выявим способы их предотвращения для обеспечения безопасности и здоровья персонала на производстве. Идентификация профессиональных рисков приведена в таблице 9.

Таблица 9 - Идентификация профессиональных рисков

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Заготовительные работы и механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
	Вибрации	Угловая шлифовальная машина

Продолжение таблицы 10

Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Чистовая механическая обработка	Повышенный уровень шума,	Угловая шлифовальная машина
	Металлическая и абразивная пыль	Материал детали и шлифовального диска
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры
	Статическая нагрузка	Угловая шлифовальная машина
	Шум	Угловая шлифовальная машина
	Ультразвук	Угловая шлифовальная машина
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Испарение токсичных веществ	Эмаль ЭЦ
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Выявленные профессиональные риски позволят разработать методы для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В современных условиях охраны труда и производственной безопасности важно не только осознавать возможные профессиональные риски на рабочем месте, но и активно принимать меры по их снижению и предотвращению. Рассмотрим разнообразные методы и средства, которые могут быть использованы для сокращения возможных опасностей на участке

механической сборки. Будут определены как технические аспекты, включающие внедрение безопасного оборудования и технологий, так и организационные меры, такие как обучение персонала, разработка процедур безопасной работы и поощрение соблюдения правил безопасности. Определим средства персональной защиты, необходимость профилактических медицинских осмотров и других методов, направленных на создание безопасной и здоровой рабочей среды для сотрудников участка механической сборки.

«Приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда». Методы, приведённые в таблице 11, соответствуют приказу. Они были специально разработаны, как и средства индивидуальной и коллективной защиты, для снижения воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора. Соответственно всё было проверено на практике и только после этого утверждено, следует они являются эффективными.» [19]

Таблица 11 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.

Продолжение таблицы 11

Электромагнитные поля	Использование согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн;	Очки и спецодежда, выполненная их металлизированной ткани.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надеты совместно.

Обозначенные методы снижения профессиональных рисков позволяют значительно снизить воздействие на работающих и повысить общий уровень безопасности на производстве.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В обеспечении пожарной безопасности технического объекта заключается один из важнейших аспектов обеспечения надежной и безопасной работы предприятия. Пожарная безопасность является неотъемлемой частью общей системы безопасности и требует комплексного подхода и постоянного контроля. Понимание и строгое соблюдение мер по обеспечению пожарной безопасности являются ключевым элементом для защиты жизни и имущества на техническом объекте.

«В таблице 12 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 12 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влага, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влага, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	В – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легковоспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 13 приведена первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 13 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель, бочка с водой, ткань асбестовая, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль
Установки пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения
Средства пожарной автоматики	приборы приемно-контрольные пожарные приборы управления пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные системы передачи извещений о пожаре
Пожарное оборудование	Модуль порошкового пожаротушения
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, самоспасатели изготовленные из подручных средств, противопыльные тканевые маски и марлевые повязки), средства защиты кожного покрова (защитные костюмы, резиновые сапоги и др.)
Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Немеханизированный: пожарная багра, топор, лом. Механизированный: гидронасос, силовой режущий узел.
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Система оповещения о пожаре, сигнализация

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,

обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 14 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 14 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня.

Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте является фундаментальным аспектом правильной эксплуатации и защиты от чрезвычайных ситуаций. Ключевыми мерами являются обучение персонала безопасным методам действий в случае пожара, регулярные проверки систем пожарной сигнализации и тушения, а также строгое соблюдение норм и требований пожарной безопасности. Важно помнить о необходимости планирования и проведения учений по эвакуации персонала для минимизации потенциальных угроз. Обеспечение пожарной безопасности на техническом объекте требует постоянного внимания, проактивного подхода и готовности к действиям в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность участка сборки должна обеспечиваться в рамках общей экологической безопасности всего предприятия. Обеспечение экологической безопасности на техническом объекте является необходимым условием для соблюдения экологических стандартов, минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду и предотвращения экологических чрезвычайных ситуаций.

«В таблице 15 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [19]

Таблица 15 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Рама сборочного стапеля	Сталь 20. Сварка, шлифовка, окраска.	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании. Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует

постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

Техничко-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый агрегат представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для установки на транспортное средство с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Разрабатываемый в рамках дипломного проекта агрегат дает транспортному средству новый функционал, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления транспортным средством, интеграцию с другими системами и устройствами транспортного средства. Последующая разработка узла может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает транспортные средства, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции узла применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей.

Расширение функционала автомобиля произведено за счет реализации в ходе конструкторской разработки функционала, ранее не применявшегося в данном типе транспортного средства.

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

В рамках раздела экономической эффективности дипломного проектирования требуется произвести расчет себестоимости конструкции узла и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (57)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

$\Pi_{и}$ – затраты на покупные изделия, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

$СС$ – отчисления на социальное страхование, $СС = 30\%$;

$И_{цех}$ – общецеховые издержки, $И_{цех} = 85\%$;

$И_{зав}$ – общезаводские издержки, $И_{зав} = 110\%$;

$НР$ – накладные расходы, $НР = 7,5\%$

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 16. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (58)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,15$

Таблица 16 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала	Сумма, руб.
Заготовка поковка	18	230,20	4 143,60
Грунтовка	1,5	150,00	225,00
Краска	2,5	725,00	1 812,50
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	6,5	120,00	780,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	8,2	120,00	984,00
Круг, бронза	2,5	750,50	1 876,25
Листовой металл, h = 3	15	15,8	237,00
Листовой металл, h = 2	8	15,8	126,40
Литол	0,25	125	31,25
Масло индустриальное И-20	0,3	145,00	43,50
Трубный прокат, d = 25x20	20	14,50	290,00
Швеллер гнутый	25	12,2	305,00
Прочие			750,00
ИТОГО			11 604,50
Транспортно-заготовительные расходы			1 740,68
ВСЕГО			13 345,18

Статья, учитывающая затраты на покупные изделия и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (59)$$

где $П_{i_n}$ – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

k_3 – коэффициент затрат на транспортировку и доставку, $k_3 = 0,1$

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование и вид покупного изделия	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Болты М10	20	18,00	360,00
Болты М6х15	14	10,00	140,00
Болты М8	16	12,00	192,00
Болт фундаментный	6	350,00	2 100,00
Винты М10	16	10,00	160,00
Гайки М10	12	8,00	96,00
Гайки М6	16	6,80	108,80
Двигатель 4А160М6УЗ ГОСТ 19523-81	1	32 500,00	32 500,00
Кнопка пусковая	1	120,00	120,00
Лампа контрольная	12	85,00	1 020,00
Маховичок	2	300,00	600,00
Муфта МУВП ГОСТ 13254-75	1	780,00	780,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	6	750,00	4 500,00
Подшипник 302	4	550,00	2 200,00
Подшипник 46310 ГОСТ 8338-75	1	750,00	750,00
Пружина	4	75,50	302,00
Ремень	1	900,00	900,00
Шайбы пружинные	25	5,50	137,50
Прочие			2 500,00
ИТОГО			49 466,30
Транспортно-заготовительные расходы			1 483,99
ВСЕГО			50 950,29

Наряду с затратами на материалы и покупные изделия, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату,

как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{T_i} \cdot k_{ч_i} \cdot k_{пр}) \quad (60)$$

где T_i – трудоемкость выполнения i -той операции, чел-час;

C_{T_i} – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении i -той операции, руб.;

$k_{ч_i}$ – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих, $k_{ч_i} = 1,05 \dots 1,15$;

$k_{пр}$ – коэффициент премирования, $k_{пр} = 1,24$.

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка	Основная зарплата
Литейная	5	8,0	210,30	1 800,17
Сварочная	5	12,0	210,30	2 700,25
Токарная	6	8,0	250,50	2 144,28
Фрезерная	6	8,0	250,50	2 144,28
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1 072,14
Долбежная	5	10,0	210,30	2 250,21
Термическая	5	2,5	210,30	562,55
Сверлильная	4	0,5	185,25	99,11
Слесарная	4	0,5	185,25	99,11
Сборочная	4	1,1	185,25	218,04
Окрасочная	3	1,0	160,45	171,68
Испытательная	5	1,5	210,30	337,53
ИТОГО				13 599,35
Премиальные доплаты				3 263,84
Основная заработная плата				16 863,20

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (61)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{доп} = 0,25$.

$$З_{доп} = 16\,863,20 \cdot 0,25 = 4\,215,8 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличие от основной и дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$З_{ФСС} = (З_о + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (62)$$

$$З_{ФСС} = (16\,863,20 + 4\,215,80) \cdot 0,3 = 6\,323,70 \text{ руб}$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{об} = Z_о \cdot 1,04 \quad (63)$$

$$P_{об} = 16\,863,20 \cdot 1,04 = 17\,537,52 \text{ руб}$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработную плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (64)$$

$$P_{ох} = 16\,863,20 \cdot 0,25 = 4\,215,80 \text{ руб}$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (65)$$

$$P_{оп} = 16\,863,20 \cdot 0,30 = 5\,058,96 \text{ руб}$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	13 345,18	10,9%
Затраты на покупные изделия	50 950,289	41,7%
Зарплата основная	16 863,20	13,8%
Зарплата дополнительная	4 215,80	3,5%
Отчисления на соцстрах	6 323,70	5,2%
Расходы на содержание оборудования	17 537,72	14,4%
Общепроизводственные расходы	4 215,80	3,5%
Общехозяйственные расходы	5 058,96	4,1%
Производственная себестоимость	118 510,64	97,1%
Внепроизводственные расходы	3 555,32	2,9%
Полная себестоимость	122 065,96	100,0%

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта.

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями.

Для определения экономического эффекта необходимо рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ц_{и} = С_{п} + С_{п} \cdot 0,15 + С_{п} \cdot 0,20 \quad (66)$$

$$Ц_{и} = 122\,065,96 + 122\,065,96 \cdot 0,15 + 122\,065,96 \cdot 0,20 = 164\,789,05$$

Принимаем отпускную цену $Ц_{и} = 164800$ руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$\mathcal{E} = Ц_{и} - Ц \quad (67)$$

где $Ц$ – средняя цена изделия до модернизации, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет средней цены изделия

Наименование фирмы	Цена изделия, руб
ООО «Авангард», Тольятти	142 000
ООО «РемтехКомплект», Тольятти	155 000
ООО «Аверс», Тольятти	150 000
Средняя цена по компаниям	149 000

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного изделия.

$$\mathcal{E} = 164\,800 - 149\,000 = 15\,800 \text{ руб}$$

Предполагается объём реализации в количестве не менее 10 000 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E} \cdot N$$

где N – объём реализации продукции, ед.

$$\mathcal{E}_г = 15\,800 \cdot 10\,000 = 158\,000\,000 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования явился новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый агрегат представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для установки на транспортное средство с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $C_{п} = 122\,065,96$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 164800$ руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями.

Предполагается объём реализации в количестве не менее 10 000 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $\text{Эг} = 158\,000\,000$ руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

Заключение

В современной автомобильной индустрии постоянно идет работа над усовершенствованием технических характеристик и функциональных возможностей грузовых автомобилей с целью повышения их эффективности, комфортности и безопасности эксплуатации. Одним из ключевых направлений развития является создание и внедрение ведущих мостов новой конструкции, способных обеспечить более высокую проходимость и грузоподъемность транспортного средства на различных типах дорог.

Одним из ключевых элементов, определяющих проходимость и эксплуатационные характеристики автомобилей повышенной проходимости, являются ведущие мосты. От их конструкции зависит способность автомобиля преодолевать сложные участки местности, включая глубокий снег, песок, грязь и водные преграды. В условиях возрастающих требований к надежности, долговечности и экономичности автомобилей, разработка новых и усовершенствование существующих конструкций ведущих мостов становится особо актуальной задачей.

В ходе выполнения первого раздела дипломного проекта «Технико-экономический анализ объекта дипломного проекта» были сделаны следующие выводы по результатам проделанной работы.

В разделе были проанализированы различные типы ведущих мостов, включая жесткие неразрезные мосты, мосты с независимой подвеской и полуосевые мосты. Установлено, что для грузовых автомобилей повышенной проходимости неразрезной мост с рессорной подвеской является наиболее подходящим решением благодаря своей прочности, надежности и способности выдерживать большие нагрузки.

Проведен патентный поиск с целью выявления новейших технологий и конструктивных решений в области ведущих мостов. На основе анализа патентов были выделены перспективные технологии, такие как улучшенные

материалы и системы смазки и охлаждения, которые могут быть интегрированы в конструкцию разрабатываемого ведущего моста.

Рассмотрены и обоснованы преимущества рессорной подвески для грузовых автомобилей повышенной проходимости, а именно:

- высокая прочность и надежность, что особенно важно в условиях бездорожья;
- простота конструкции, обеспечивающая легкость в обслуживании и ремонте;
- способность обеспечивать высокий дорожный просвет и устойчивость автомобиля на неровных дорогах;
- экономичность производства и эксплуатации благодаря долговечности и низкой стоимости компонентов;
- меньшая подверженность загрязнению, что повышает надежность работы подвески в тяжелых дорожных условиях.

Жесткий мост с рессорной подвеской является оптимальным выбором для грузового автомобиля повышенной проходимости. Эта конструкция обеспечивает необходимую прочность, надежность и устойчивость при эксплуатации в тяжелых условиях, таких как бездорожье и перевозка тяжелых грузов. Рессорная подвеска, благодаря своей простоте и ремонтпригодности, обеспечивает экономичность эксплуатации и снижает затраты на техническое обслуживание, что является важным фактором при выборе конструкции для грузового автомобиля. Таким образом, выбор жесткого моста с рессорной подвеской обоснован как с технической, так и с экономической точки зрения, что делает его наиболее подходящим решением для данного типа транспортного средства.

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля,

взятого для модернизации. Для автомобиля КамАЗ тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автомобиля, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

Проведенная расчетная работа играет важную роль в проектировании и оптимизации ходовых качеств автомобиля, что в конечном итоге повлияет на его эффективность, надежность и удовлетворенность пользователей. Регулярное совершенствование методов расчета и анализа проведенных расчетов позволит улучшить качество и конкурентоспособность автомобиля на современном рынке транспортных средств.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

В результате выполнения конструкторского раздела дипломного проекта были проведены расчеты основных параметров узлов ведущего моста автомобиля КамАЗ. Ниже представлены ключевые выводы, сделанные на основе проведенных расчетов.

Рассчитан максимальный крутящий момент на ведущем мосту, составляющий 4000 Нм, с учетом передаточного числа главной передачи и коэффициента полезного действия трансмиссии. Определены нагрузки на оси привода для различных конфигураций привода, что позволило точно определить крутящий момент для каждой оси.

Проведен анализ типов колесных редукторов, включая цилиндрические, планетарные и червячные редукторы. На основе анализа было выбрано

использование планетарных редукторов благодаря их высокой компактности, эффективности и способности выдерживать большие нагрузки. Рассчитаны передаточные числа колесных редукторов, которые должны находиться в диапазоне от 2 до 3, чтобы обеспечить крутящий момент на колесах в пределах 8000-12000 Нм. Выбраны конкретные модели планетарных редукторов, удовлетворяющие требованиям по максимальному крутящему моменту, габаритам и надежности.

Обоснован выбор рессорной подвески для грузового автомобиля повышенной проходимости на основе её прочности, надежности, простоты конструкции и способности обеспечивать высокий дорожный просвет. Рессорная подвеска также была выбрана из-за её экономичности в производстве и эксплуатации, а также легкости в обслуживании и ремонте, что особенно важно для условий бездорожья.

Проведенные расчеты подтвердили правильность выбранных конструкционных решений для ведущего моста автомобиля КамАЗ. Выбранные параметры и компоненты узлов ведущего моста обеспечивают необходимые эксплуатационные характеристики, включая высокую прочность, надежность, долговечность и эффективность в тяжелых условиях эксплуатации. Эти решения позволяют улучшить проходимость автомобиля, снизить нагрузку на трансмиссию и обеспечить стабильную работу транспортного средства в различных условиях.

Таким образом, результаты конструкторского раздела дипломного проекта подтверждают, что выбранные и рассчитанные параметры узлов ведущего моста соответствуют требованиям, предъявляемым к грузовым автомобилям повышенной проходимости, что делает их оптимальными для применения в автомобиле КамАЗ.

В процессе разработки технологии сборки ступицы ведущего моста КамАЗ были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и

инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности тормозной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей ступицы ведущего моста, обеспечивающих надежность эксплуатации транспортного средства для исключения возможных дефектов узла на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы трансмиссии автомобиля.

Технология сборки ступицы ведущего моста КамАЗ разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки ступицы ведущего моста КамАЗ представляет собой важный этап в создании качественной и надежной системы пассивной безопасности, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

Обеспечение безопасности и экологичности на предприятии сегодня становится все более неотъемлемой частью успешной деятельности компании. Успешная реализация мероприятий по безопасности и экологичности требует постоянного контроля, обучения персонала, использования современных технологий и систем управления. Важно также формирование экологической культуры среди работников и внедрение принципов ответственного потребления ресурсов.

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить

разработку методы для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Определены факторы пожарной опасности, на основании чего разработан комплекс организационно-технических мероприятий по предотвращению пожара. Также выполнена идентификация негативных экологических факторов, что также позволило разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.

На основании изложенного, можно сделать вывод о выполнении задач в рамках выполнения раздела безопасность и экологичности участка.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования явился новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый агрегат представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для установки на транспортное средство с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить расход топлива, надежность и долговечность. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем

подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $C_{п} = 122\,065,96$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 164800$ руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объем реализации в количестве не менее 10 000 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $Э_{г} = 158\,000\,000$ руб.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
4. 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, 2023. – 655 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/974. - ISBN 978-5-16-006053-8.

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. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

11. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

12. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

13. 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.

14. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

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

16. 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.

17. 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.

18.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.

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

20.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

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, 2021.– 350 с.

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

24.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.

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

Приложение А

Тяговый расчет транспортного средства

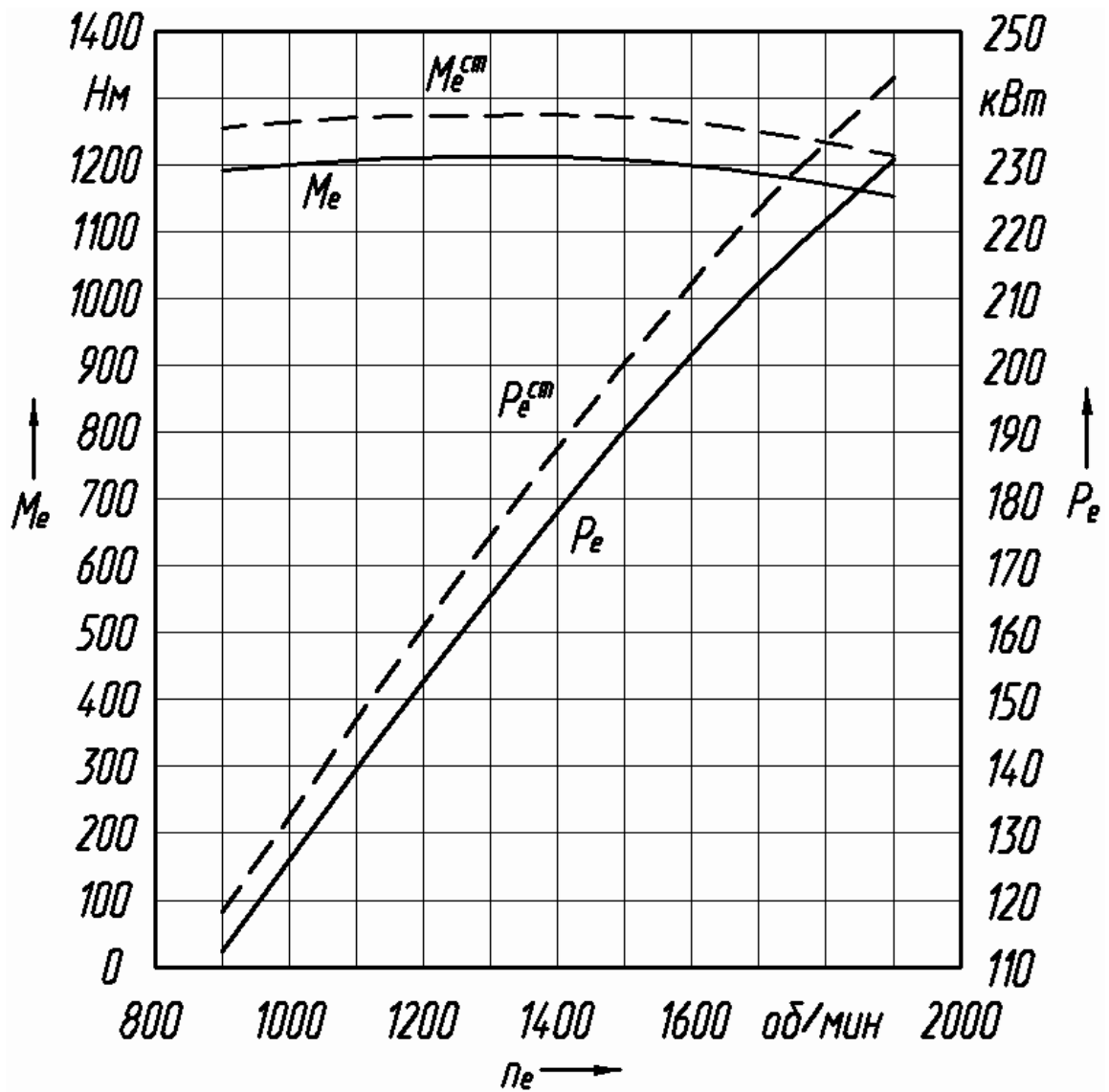


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Продолжение Приложения А

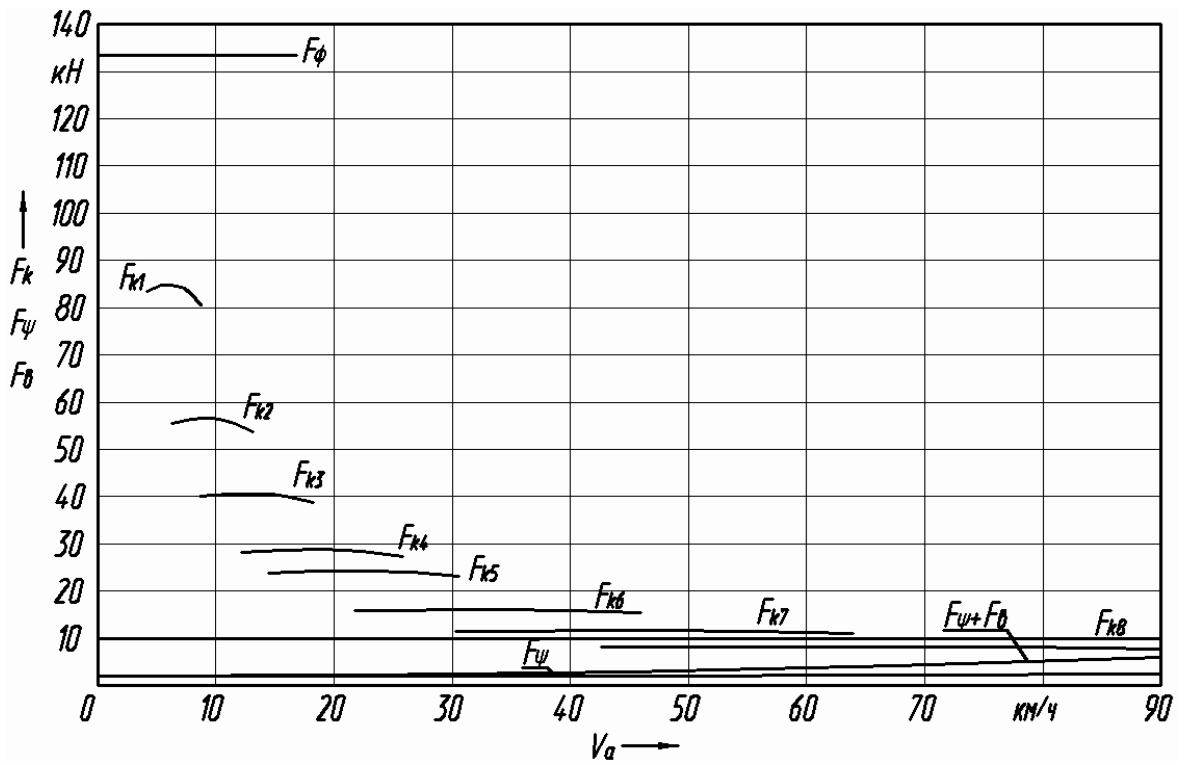


Рисунок А.2 – Тяговая характеристика автомобиля

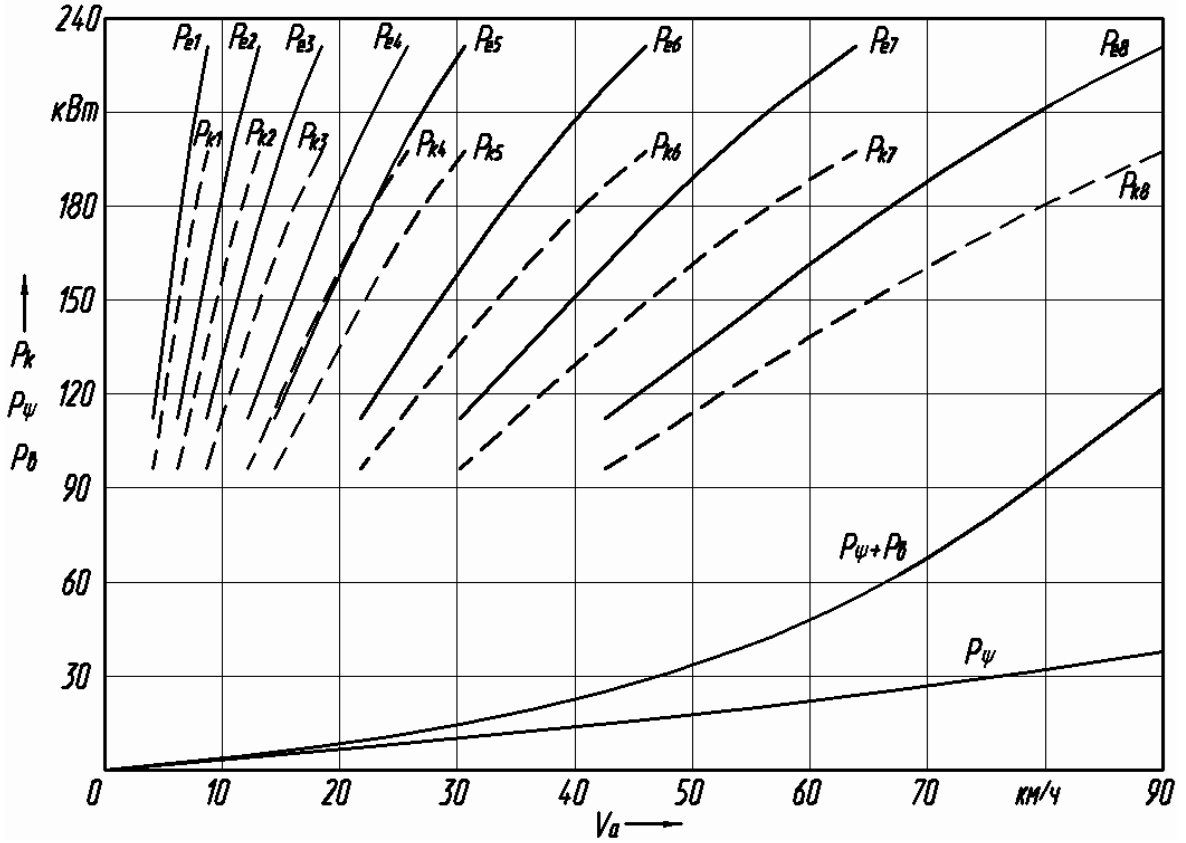


Рисунок А.3 – Мощностная характеристика автомобиля

Продолжение Приложения А

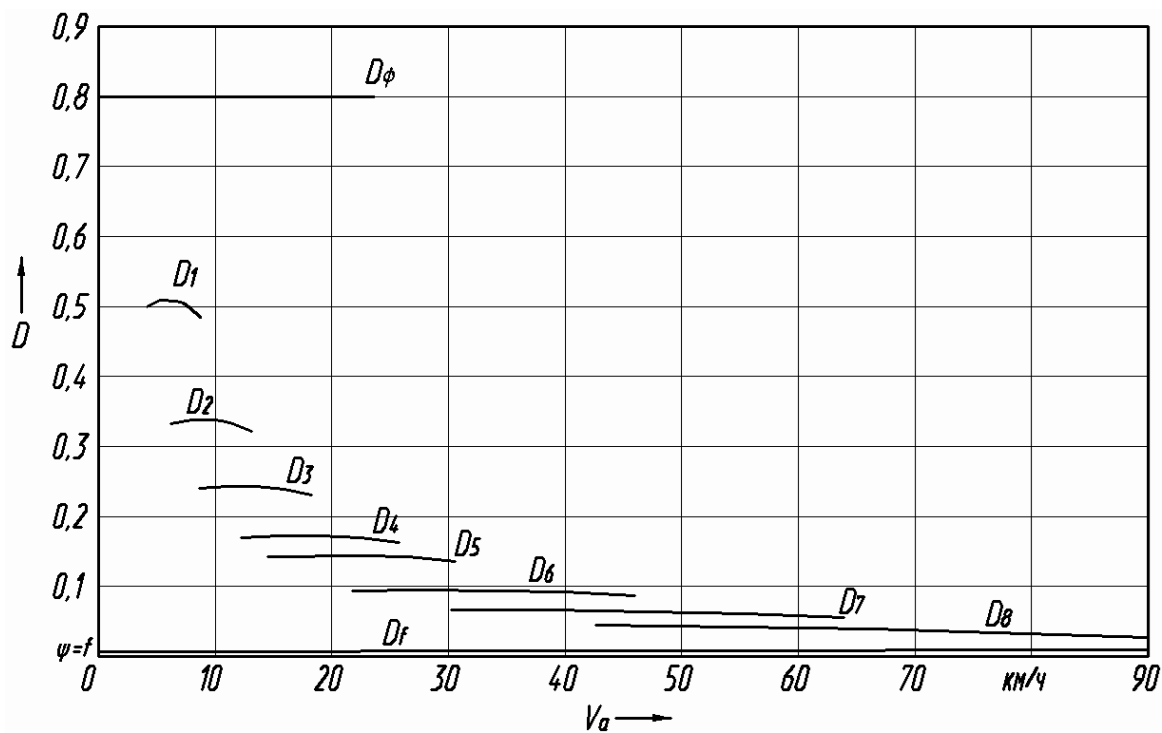


Рисунок А.4 – Динамическая характеристика автомобиля

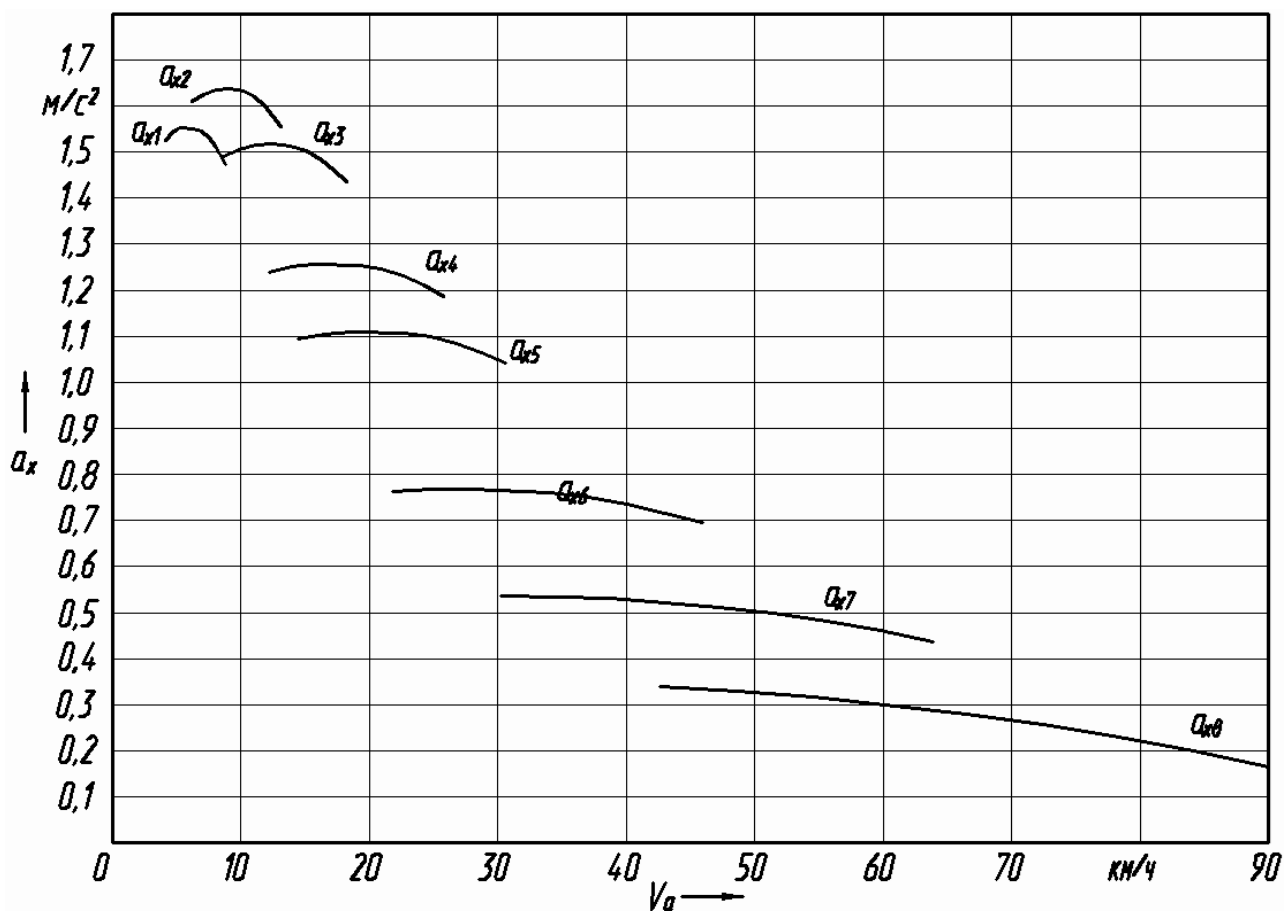


Рисунок А.5 – Ускорения автомобиля на передачах

Продолжение Приложения А

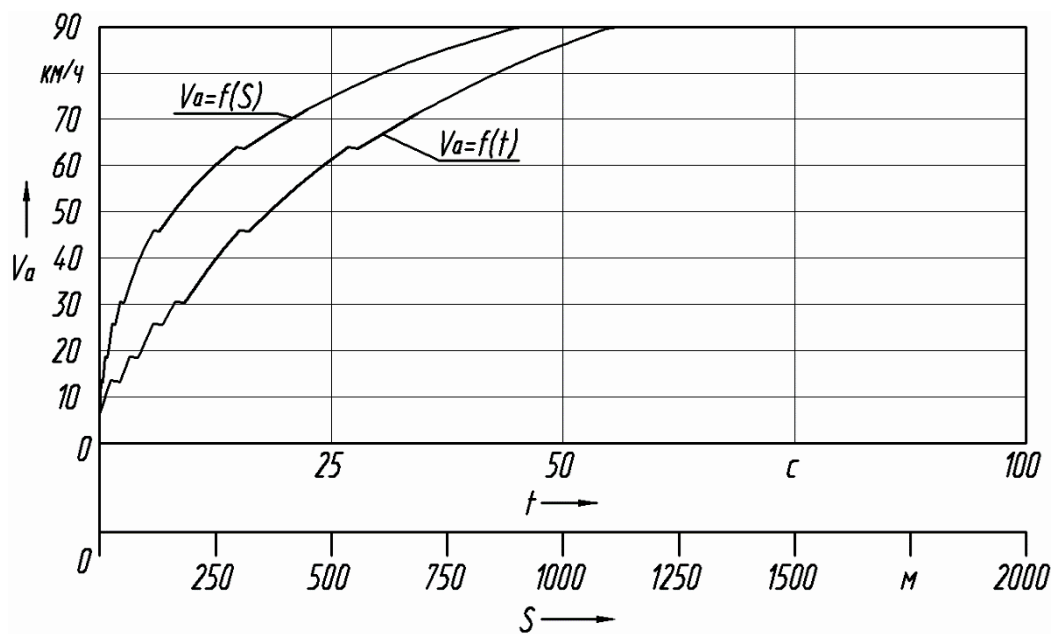


Рисунок А.6 – Скоростные характеристики времени и пути разгона автомобиля

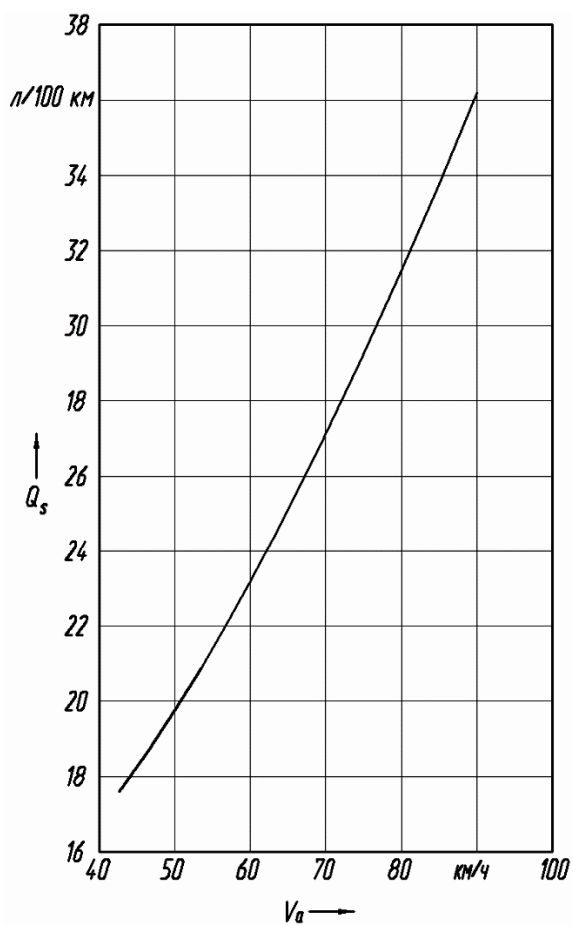


Рисунок А.7 – Топливная характеристика установившегося движения

