

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 ведущего моста грузового автомобиля
большой грузоподъёмности

Обучающийся

А.Д. Сердаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка конструкции ведущего моста грузового автомобиля большой грузоподъемности».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к надежности грузовых автомобилей большого и особо большого классов. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы, применяемых в конструкциях агрегатов трансмиссии ранних типов. Для грузовых автомобилей это особенно актуально еще и по причине условий их работы. В тяжелых дорожных условиях и в условиях транспортировки грузов особенно важна способность безотказной работы в течении длительного времени.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка конструкции ведущего моста грузового автомобиля большой грузоподъемности на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений конструкции ведущих мостов грузовых автомобилей, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается ведущий мост, силовые и прочностные расчеты наиболее ответственных узлов и деталей ведущего моста, разработка технологического процесса сборки ведущего моста, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция тормозной системы обладает значительно более высокими эксплуатационными

характеристиками в сравнении с агрегатами, применяемыми в серийных грузовых автомобилях в настоящее время. Внедрение конструкции в серийные транспортные средства не только позволит повысить их эксплуатационные качества, но и сформировать определенные конкурентные преимущества во всей продуктовой линейке автомобилей данного класса, производимых на территории России.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках серийного производства и использована на серийных автомобилях.

Annotation

A graduation project on the topic "Development of the design of the drive axle of a heavy-duty truck" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands on the reliability of trucks of large and extra large classes. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional units used in the designs of early types of transmission units. For trucks, this is especially true also because of the conditions of their work. In difficult road conditions and in the conditions of transportation of goods, the ability of trouble-free operation for a long time is especially important.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop the design of the drive axle of a heavy-duty truck at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions for the design of drive axles of trucks, traction calculation of the vehicle for which the drive axle is being developed, power and strength calculations of the most critical components and parts of the drive axle, development of the technological process for assembling the drive axle bridge, the development of safe working conditions on the site and the economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the brake system developed as part of the graduation project has significantly higher performance characteristics in comparison with the units used in serial trucks at the present time. The introduction of the design into mass-produced vehicles will not only improve their performance, but also create certain

competitive advantages in the entire product line of vehicles of this class produced in Russia.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented as part of mass production and used on mass-produced vehicles.

Содержание

Введение	8
1 Анализ объекта дипломного проекта	10
1.1 Анализ конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей	10
1.2 Анализ серийных образцов ведущих мостов автомобилей	12
1.3 Анализ патентных образцов ведущих мостов	19
1.4 Обоснование выбора конструкторского решения проектируемого ведущего моста	24
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 Расчет редукторных узлов переднего ведущего моста	50
3.1 Выбор основных параметров редукторных узлов ведущего моста	50
3.2 Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи	51
3.3 Подбор дифференциала	55
3.4 Привод к ведущим колесам	55
3.5 Подбор колесного редуктора	56
3.6 Расчет нагруженности одинарной конической главной передачи	57
4 Технологическая часть дипломного проекта	60
4.1 Описание объекта производства и назначение его в узле	60
4.2 Анализ технологичности конструкции детали	61

4.3 Выбор метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта	62
4.4 Назначение припусков под механическую обработку	63
4.5 Назначение режимов резания	65
4.6 Нормирование технологического процесса механической обработки	67
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования	71
5.1 Характеристика участка сборки	71
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка	73
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих	77
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	81
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	84
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта	86
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности	86
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка	87
Заключение	96
Список используемой литературы и используемых источников	102
Приложение А Графики тягового расчета	105

Введение

В современной логистике и транспортной отрасли грузовые автомобили большой грузоподъемности играют важную роль в перевозке тяжелых и крупногабаритных грузов. Одним из ключевых компонентов таких автомобилей является ведущий мост, который отвечает за передачу мощности от двигателя к колесам и обеспечивает устойчивость и надежность в процессе эксплуатации.

Ведущий мост грузового автомобиля является ключевым компонентом, отвечающим за передачу мощности от двигателя к колесам и обеспечивающим устойчивость и надежность автомобиля при перевозке крупногабаритных и тяжелых грузов. Конструкция ведущего моста варьируется в зависимости от типа автомобиля и особенностей его эксплуатации, но обычно конструкция ведущего моста содержит ряд узлов, типичных для всех агрегатов этого назначения.

Дифференциал является центральным компонентом ведущего моста и отвечает за передачу мощности между колесами. Он позволяет каждому колесу вращаться независимо от другого во время поворотов, обеспечивая лучшую управляемость и сцепление с дорогой.

Полуоси соединяют дифференциал с каждым колесом и передают мощность от дифференциала к колесам. Передача мощности от дифференциала к полуосям и дальше к колесам осуществляется через сателлиты дифференциала, который может блокироваться в зависимости от условий движения..

Конструкция ведущего моста также включает систему подвески, которая состоит из упругих элементов (рессоры, пневмоподушки) и амортизаторы. Они поглощают удары и вибрации при движении автомобиля, обеспечивая комфорт водителя и сохранность перевозимых грузов.

Ведущий мост должен быть прочно закреплен к шасси автомобиля с помощью крепежных элементов и каркаса. Это обеспечивает стабильность и прочность моста при передаче мощности и грузовых нагрузках.

Конструкция ведущего моста грузового автомобиля разрабатывается с учетом требований к грузоподъемности, проходимости, сцеплению с дорогой и долговечности. Оптимальная конструкция должна быть достаточно прочной, но при этом не слишком тяжелой, чтобы не увеличивать массу автомобиля и сохранять его маневренность и экономичность. Также важными аспектами являются удобство обслуживания и доступность запасных частей для обеспечения эффективного технического обслуживания и ремонта в случае необходимости.

Целью данного дипломного проекта является разработка конструкции ведущего моста для грузового автомобиля большой грузоподъемности. В основе этой разработки лежит задача оптимизации и обеспечения высокой надежности, производительности и безопасности данного компонента автомобиля.

В процессе выполнения проекта будут рассмотрены различные аспекты разработки конструкции ведущего моста, такие как выбор материалов, расчет нагрузок, определение геометрии и параметров компонентов, а также проведение испытаний и анализ полученных данных. Важным элементом проектирования будет также учет требований по стандартам безопасности, нормам эксплуатации и прочности.

Окончательная разработка конструкции ведущего моста будет подразумевать создание чертежей, технической документации и спецификаций, которые послужат основой для дальнейшего производства и внедрения данного агрегата в реальные грузовые автомобили.

Ожидается, что результаты данного дипломного проекта смогут принести значительный вклад в современную инженерию и автомобильную промышленность, способствуя развитию более надежных, производительных и безопасных грузовых автомобилей большой грузоподъемности.

1 Анализ объекта дипломного проекта

1.1 Анализ конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей

«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]

Передний мост находится в передней части грузового автомобиля и отвечает за передачу мощности от двигателя к передним колесам. Он также отвечает за управляемость автомобиля и сцепление с дорогой. Ведущий передний мост может быть выполнен в виде одноосного или двухосного моста в зависимости от конструкции автомобиля.

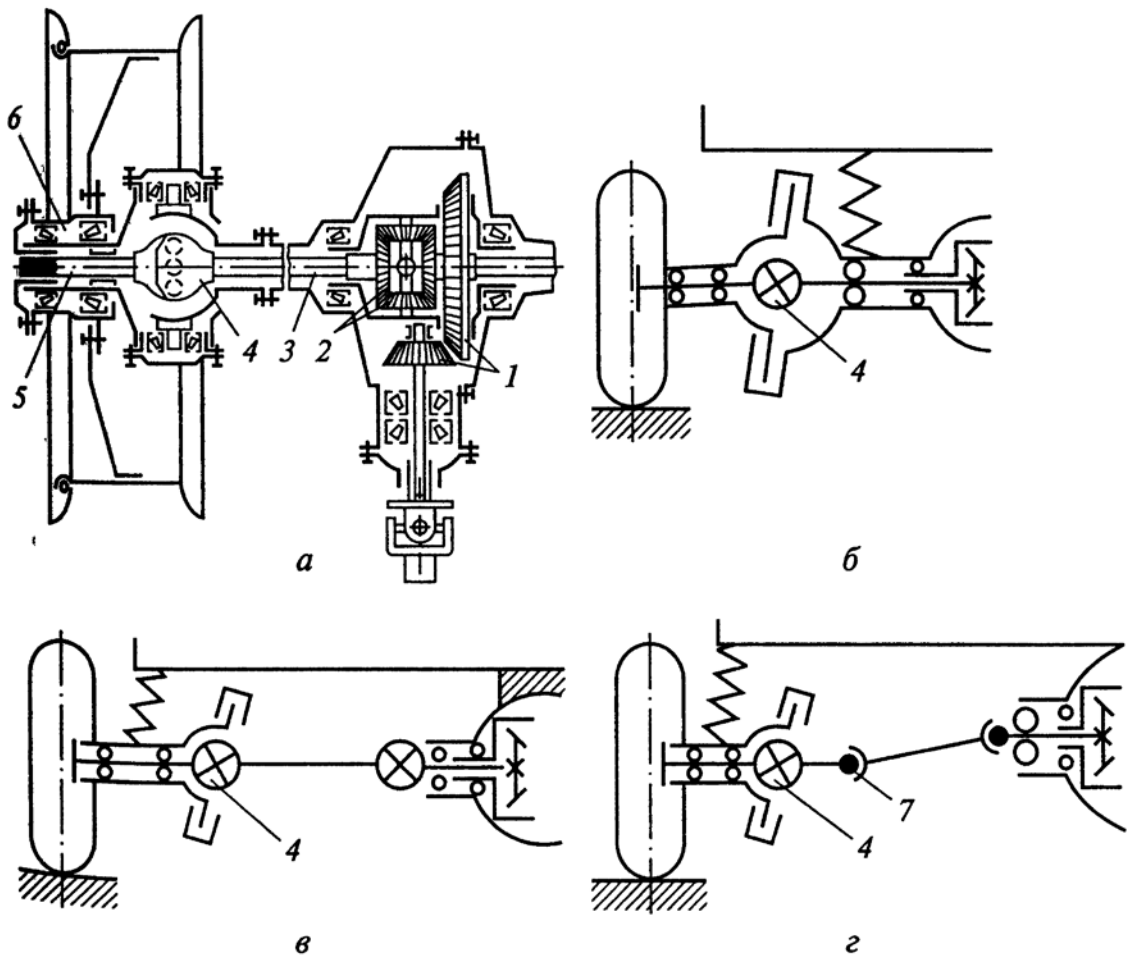
Задний ведущий мост находится в задней части грузового автомобиля и отвечает за передачу мощности от двигателя к задним колесам. Он является основным источником тяги и обеспечивает передвижение автомобиля вперед. Задний ведущий мост может быть выполнен в виде одноосного или двухосного моста, также в зависимости от конструкции автомобиля и требований к грузоподъемности.

Ведущие мосты обычно оборудованы дифференциалом, который позволяет каждому колесу вращаться независимо от другого и обеспечивает лучшую управляемость и сцепление с дорогой. Они также имеют системы подвески (пружины, амортизаторы) для обеспечения комфортного хода и стабильности автомобиля. Как передний, так и задний мосты требуют системы смазки и охлаждения для поддержания надежной работы и предотвращения износа.

Передний мост и задний ведущий мост являются важными компонентами грузовых автомобилей большой грузоподъемности, и их конструкция должна быть прочной и надежной, чтобы удовлетворять требованиям по производительности, безопасности и долговечности. При разработке этих мостов учитываются факторы, такие как грузоподъемность,

проходимость, условия эксплуатации и требования к автомобилю. «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]

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 травных угловых скоростей. Конструкция привода ведущих управляемых колес зависит от типа их подвески.

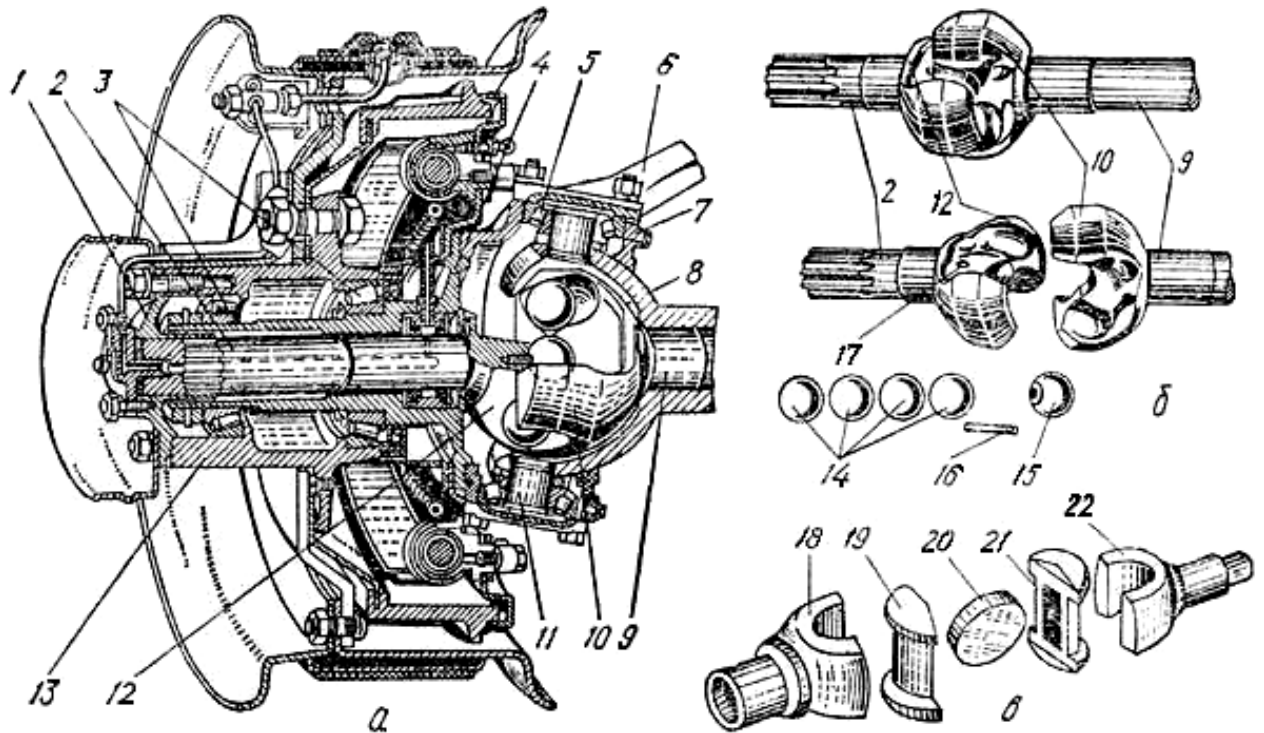
У грузовых автомобилей при зависимой подвеске колес (рисунок 1, а, б) и неразрезной балке ведущего моста в приводе колес применяют карданные передачи с одним карданным шарниром равных угловых скоростей. Крутящий момент к карданному шарниру подводится от дифференциала 2 внутренней полуосью 3. Наружная полуось 5 имеет фланец, от которого крутящий момент перелается на ступицу 6 колеса. Ступица установлена на поворотной цапфе на двух подшипниках, и полуоси 3 и 5 передают только крутящий момент.» [16]

1.2 Анализ серийных образцов ведущих мостов автомобилей

Анализ серийных образцов ведущих мостов автомобилей является важным этапом для оценки их производительности, надежности и соответствия требованиям. Проведение такого анализа позволяет выявить сильные и слабые стороны конструкции, идентифицировать проблемы, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, и предложить улучшения для будущих моделей. Первый шаг заключается в сборе информации о серийных образцах ведущих мостов, включая технические спецификации, результаты испытаний, отзывы пользователей и статистику поломок и ремонтов. Используя собранные данные, производится анализ производительности ведущих мостов. Это включает оценку их способности передачи мощности, эффективности сцепления с дорогой, управляемости и других характеристик, которые влияют на общую производительность автомобиля. Оценка надежности ведущих мостов включает анализ статистики поломок и ремонтов, а также проведение диагностических тестов для выявления потенциальных проблем. Важным аспектом является определение причин возникновения поломок и разработка мер по их предотвращению.

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.

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

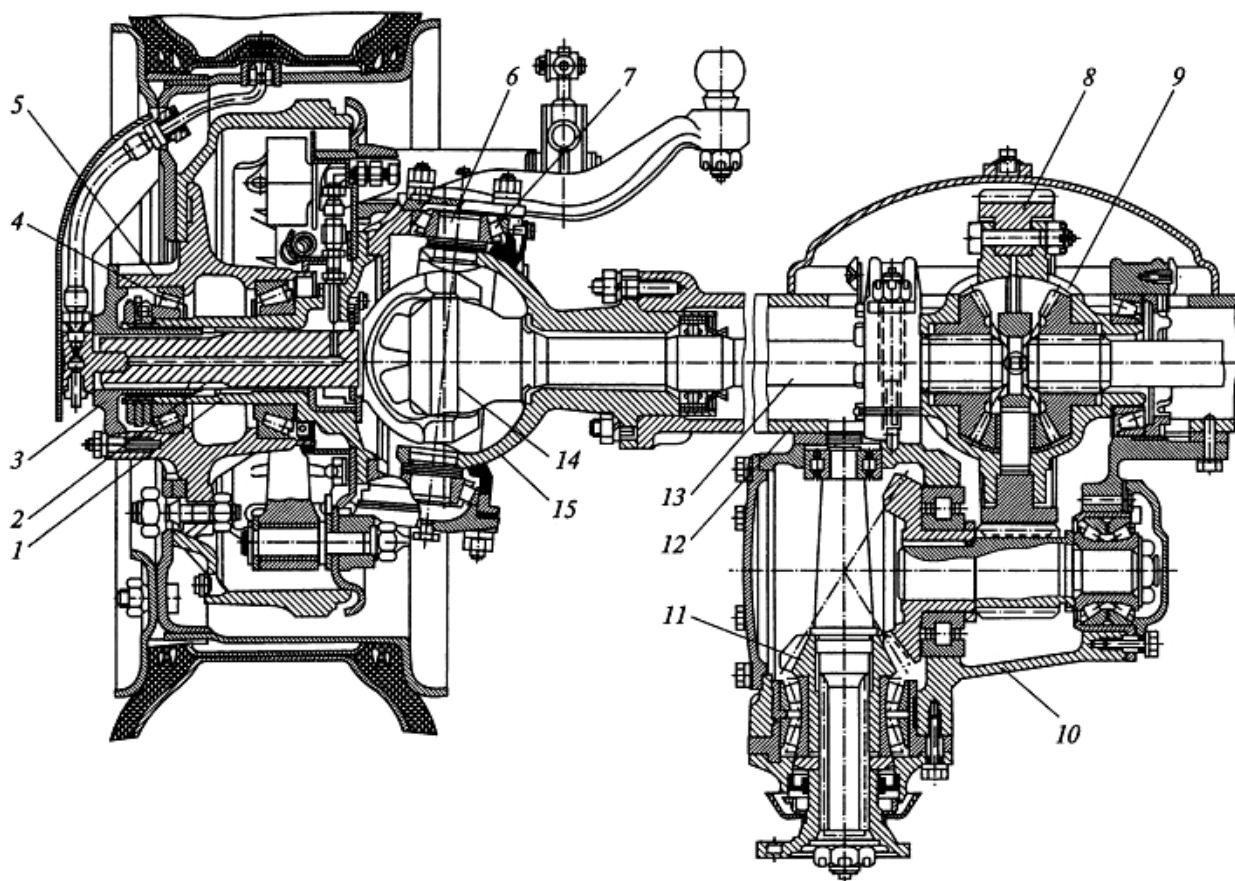
«Особенность моста состоит в том, что крутящий момент от полуосевых шестерен к ступицам колес передается под изменяющимся углом. Поэтому каждая полуось расчленена. Между двумя частями полуоси 2 и 9

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.» [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]

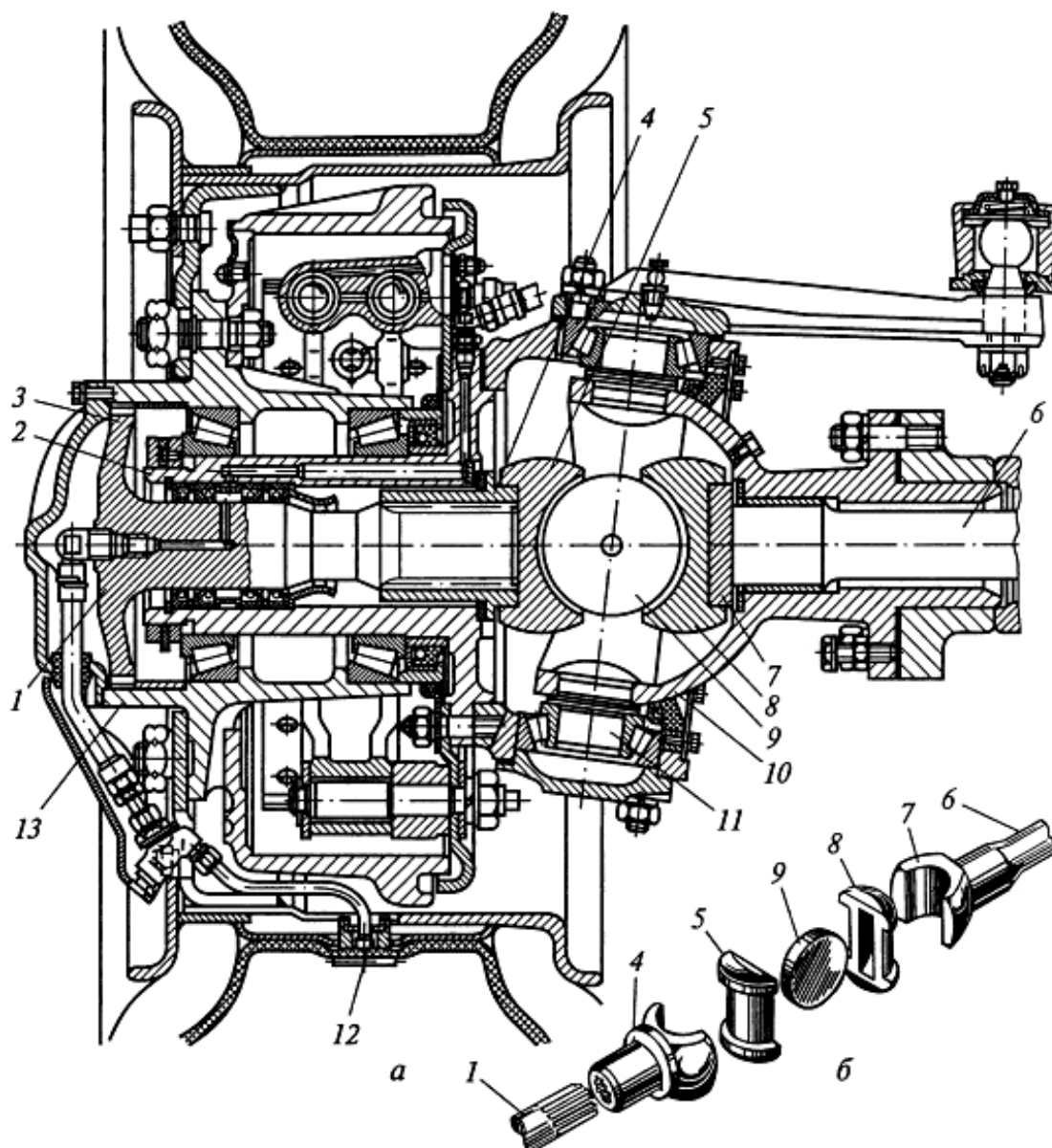


«1 – цапфа; 2, 13 – полуоси; 3 – фланец; 4, 7 – подшипники; 5 – ступица; 6 – шип; 8, 11 – шестерни; 9 – дифференциал; 10 – картер; 12 – балка; 14 – карданный шарнир; 15 – опора» [1]

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]

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

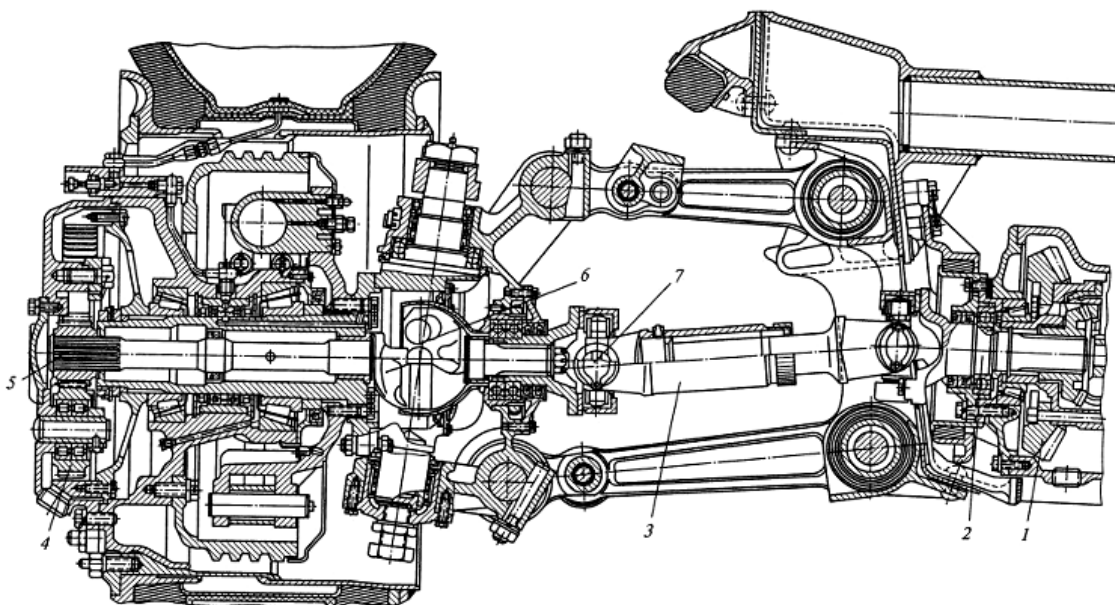


«1, 6 – полуоси; 2 – цапфа; 3 – фланец; 4, 7 – вилки; 5, 8 – кулачки; 9 – диск; 10 – шаровая опора; 11 – шип; 12 – шина; 13 – ступица» [1]

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.

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]

1.3 Анализ патентных образцов ведущих мостов

Анализ патентных образцов ведущих мостов является важным шагом при разработке новых или улучшенных моделей ведущих мостов для грузовых автомобилей. Патентные образцы предоставляют информацию о новых технических решениях, разработках и инновациях в области конструкции ведущих мостов. Анализ патентных образцов позволяет выявить новые идеи, технологии и методы, которые могут быть применены для улучшения производительности, надежности и эффективности ведущих мостов. В процессе анализа патентных образцов ведущих мостов следует учесть следующие факторы. Патентные образцы предоставляют информацию о технических решениях, использованных в конструкции ведущих мостов. Это может включать новые системы подвески, механизмы передачи мощности, материалы и методы производства. Анализ таких решений позволяет выявить новые идеи и подходы, которые могут быть применены для улучшения конструкции ведущих мостов.

Ведущий мост.

«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]

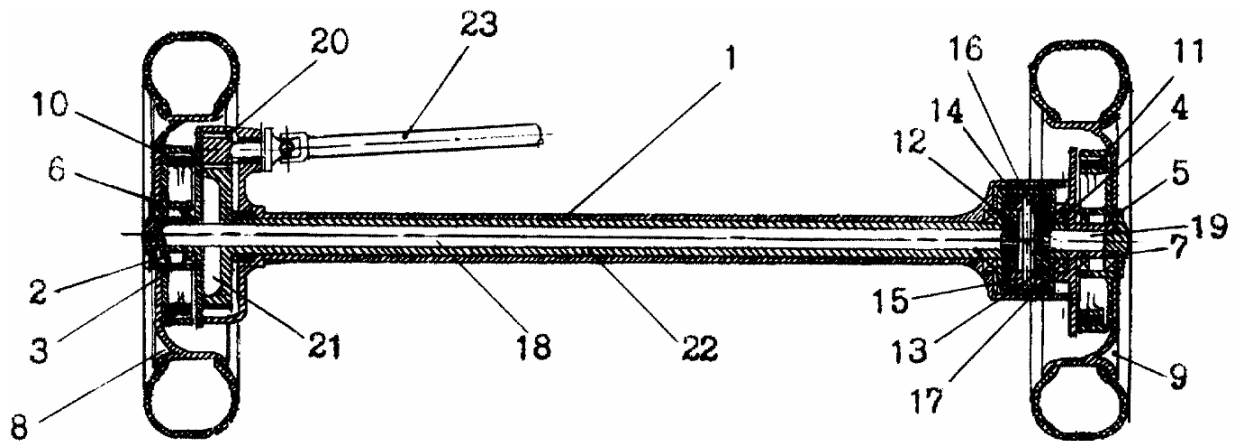


Рисунок 7 – Ведущий мост

«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]

В результате повышается проходимость транспортных средств

Ведущий управляемый мост транспортного средства.

«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]

Ходовая часть транспортного средства.

«Изобретение относится к транспортному машиностроению, а именно к конструкции рессорной подвески. Технической задачей изобретения является повышение мягкости хода транспортного средства за счет обеспечения

независимой работы подвески каждого колеса. Рессорная подвеска содержит листовые рессоры, которые своей средней частью жестко закреплены на раме. Передняя сторона рессоры связана с маятниковым рычагом переднего колеса посредством двух серег и промежуточного рычага, а задняя сторона рессоры связана с задним колесом напрямую через рычаг и серьгу. (рисунок 8)» [12]

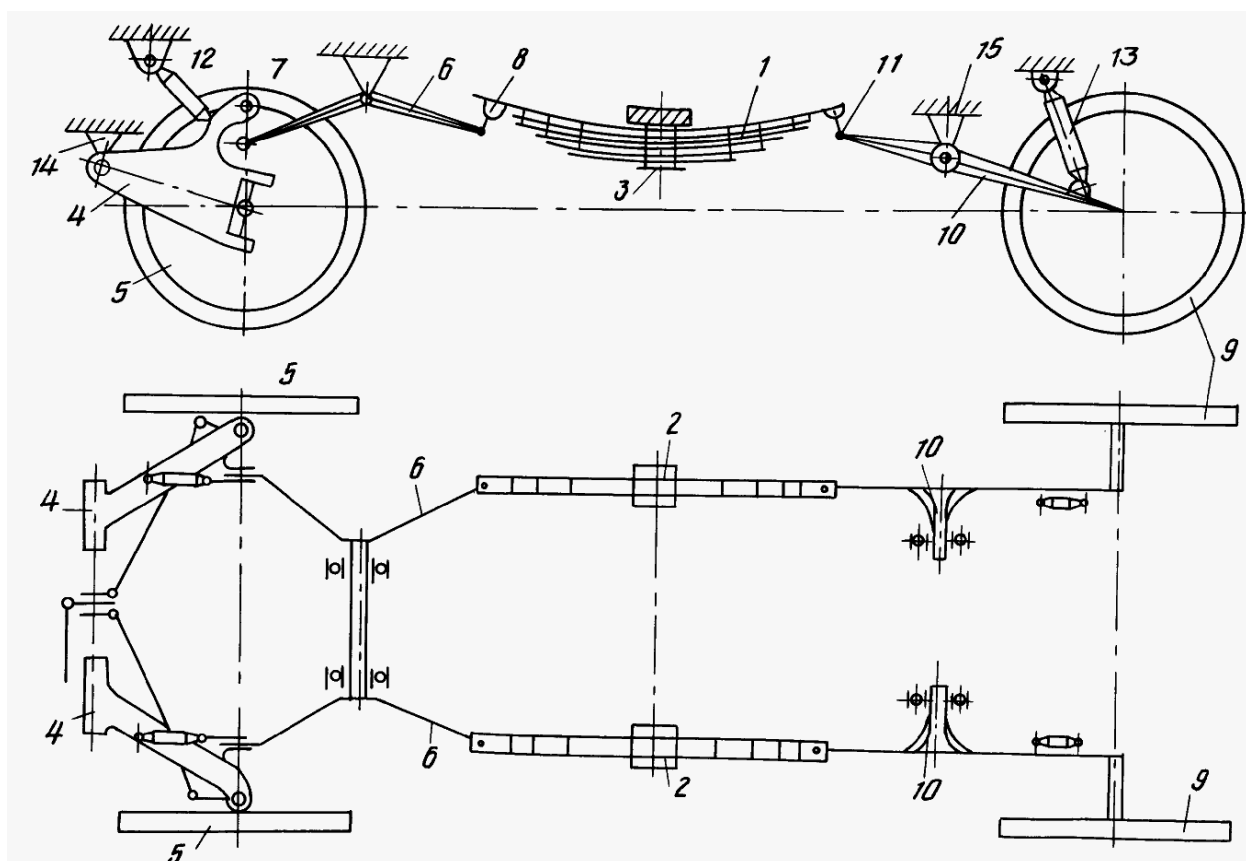


Рисунок 8 – Ходовая часть транспортного средства

«Ходовая часть транспортного средства содержит рессору 1, которая своей средней частью закреплена жестко на раме 2 кронштейном 3. Место крепления рессоры на раме расположено близко к центру тяжести транспортного средства. Передний конец рессоры связан с маятниковым рычагом 4 переднего колеса 5 посредством промежуточного рычага 6 и серег 7 и 8, задний конец рессоры с задним колесом 9 посредством рычага 10 и серьги 11. Для гашения колебаний колес имеются амортизаторы 12 и 13,

закрепленные одним концом на транспортном средстве, а другим концом соединенные с маятниковым рычагом 4 и рычагом 10.

При наезде переднего колеса на препятствие маятниковый рычаг 4 поворачивается относительно оси 14 и через серьги 7 и 8 взаимодействует с передней половиной рессоры 1, гасящей удар.

При наезде на препятствие заднего колеса 9 рычаг 10 поворачивается вокруг оси 15 и удар гасится задней половиной рессоры 1.

Предлагаемая рессора позволяет добиться независимой работы каждого колеса.» [16]

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.

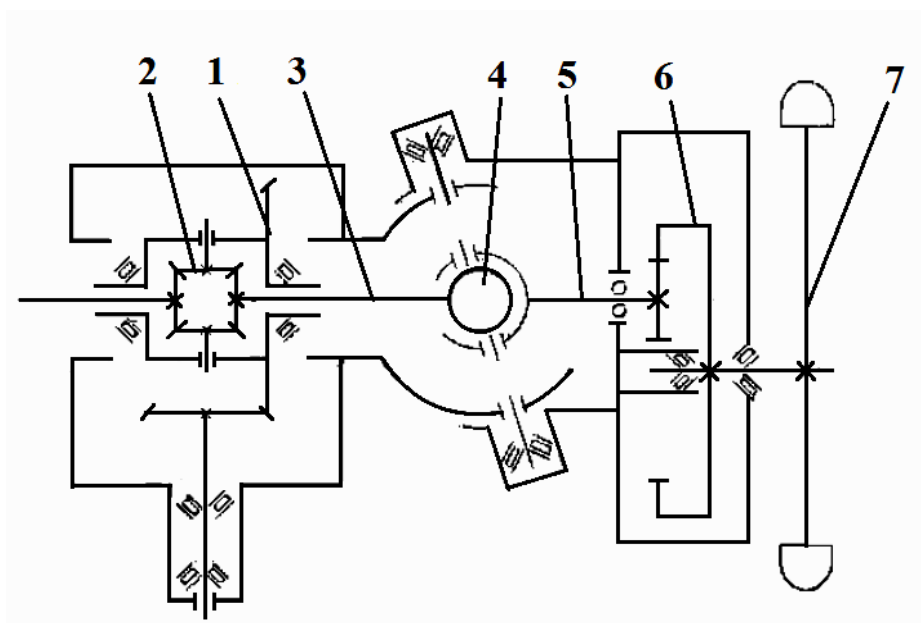
Анализ патентных образцов ведущих мостов является важным инструментом при разработке новых и улучшенных моделей ведущих мостов для грузовых автомобилей. Он позволяет выявить новые идеи, технологии и методы, которые могут быть применены для создания более производительных, надежных и эффективных ведущих мостов.

1.4 Обоснование выбора конструкторского решения проектируемого ведущего моста

«Проанализировав существующие конструкции ведущих мостов грузовых автомобилей повышенной и высокой проходимости (раздел 1.1 дипломного проекта), 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 9» [11]



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

Рисунок 12 – Схема выбранного варианта ведущего моста

1.5 Обоснование выбора конструкторского решения подвески моста

Проанализировав существующие конструкции подвески мостов грузовых автомобилей повышенной и высокой проходимости, а также изучив существующие варианты подвесок и тенденции их развития, для проектируемого автомобиля принимаем рессорную подвеску.

Преимуществами рессорной подвески будут являться следующие факторы.

Рессорная подвеска является одной из самых простых и надежных систем подвески. Она состоит из нескольких листовых пружин, которые обеспечивают поддержку и амортизацию груза. Простота конструкции рессорной подвески делает ее более надежной и менее подверженной поломкам.

Рессорная подвеска обладает высокой грузоподъемностью и способна справляться с тяжелыми нагрузками. Возможность распределения груза по нескольким листовым пружинам позволяет поддерживать стабильную посадку автомобиля даже при перевозке крупногабаритных и тяжелых грузов.

Рессорная подвеска обладает хорошей устойчивостью к перегрузкам. В случае, если автомобиль перегружен, листовые пружины могут восстановить свою форму и обеспечить необходимую поддержку и амортизацию.

Рессорная подвеска изготавливается из прочных и долговечных материалов, таких как сталь. Это обеспечивает ей длительный срок службы и способность выдерживать интенсивные нагрузки и условия эксплуатации.

Как и любая конструкция, кроме перечисленных достоинств, рессорная подвеска обладает некоторыми недостатками. К недостаткам рессорной подвески относятся следующие факторы.

Одним из основных недостатков рессорной подвески является ее относительная жесткость хода по сравнению с другими типами подвесок. Это может привести к более жесткому и менее комфортному ходу автомобиля, особенно на неровных дорогах.

Рессорная подвеска обладает ограниченными возможностями амортизации. Листовые пружины могут обеспечивать некоторую амортизацию, но не так эффективно, как, например, пневматическая или гидравлическая подвеска.

Жесткость рессорной подвески может ограничивать маневренность автомобиля в поворотах. Это может быть проблематично при маневрировании в узких пространствах или на дорогах с большим количеством поворотов.

Рессорная подвеска требует регулярного обслуживания и смазки, чтобы обеспечить ее оптимальную работу. Это может потребовать дополнительных затрат на обслуживание автомобиля.

В целом, рессорная подвеска обладает рядом преимуществ, таких как простота и надежность, высокая грузоподъемность и устойчивость к перегрузкам. Однако она имеет и некоторые недостатки, включая жесткость хода, ограниченную амортизацию и маневренность, требование регулярного обслуживания. При выборе типа подвески для грузового автомобиля важно учитывать его особенности эксплуатации и требования к комфорту и производительности.

В результате анализа образцов и конструкций ведущих мостов грузовых автомобилей можно сделать следующие выводы.

Ведущие мосты грузовых автомобилей играют ключевую роль в передаче мощности от двигателя к колесам и обеспечении управляемости и сцепления с дорогой.

Передний мост и задний ведущий мост имеют различные конструктивные особенности и функции, в зависимости от своего расположения на автомобиле. Передний мост отвечает за передачу мощности к передним колесам и обеспечение управляемости автомобиля, а задний ведущий мост отвечает за передачу мощности к задним колесам и обеспечение тяги. Анализ серийных образцов ведущих мостов позволяет оценить их производительность, надежность, эффективность и соответствие требованиям.

Преимущества переднего моста включают более простую конструкцию и обеспечение управляемости, а задний ведущий мост обладает высокой грузоподъемностью и способностью передвигать автомобиль вперед. Недостатки переднего моста могут включать ограниченную грузоподъемность, а недостатки заднего ведущего моста - проблемы с управляемостью на неровных дорогах. Важным аспектом анализа ведущих мостов является сравнение с конкурентами для определения их конкурентных преимуществ и недостатков. Рекомендуется проводить дальнейшие исследования и разработки в области ведущих мостов с целью улучшения их производительности, надежности, управляемости и сцепления с дорогой.

При анализе образцов и конструкций подвесок грузовых автомобилей следует учитывать требования к грузоподъемности, маневренности, проходимости, комфорту и надежности. Конечный выбор типа подвески должен опираться на эти требования и специфику эксплуатации автомобиля.

Исходя из этих выводов, рекомендуется уделить внимание дальнейшему исследованию и разработке ведущих мостов грузовых автомобилей с целью создания новых и улучшенных конструкций, которые сочетают в себе оптимальные характеристики производительности, надежности и управляемости.

2 Тяговый расчет грузового автомобиля

2.1 Расчет внешней скоростной характеристики

«Приведем исходные данные к проекту, а также необходимые характеристики автомобиля-прототипа, рисунок 13.

Общие параметры:

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

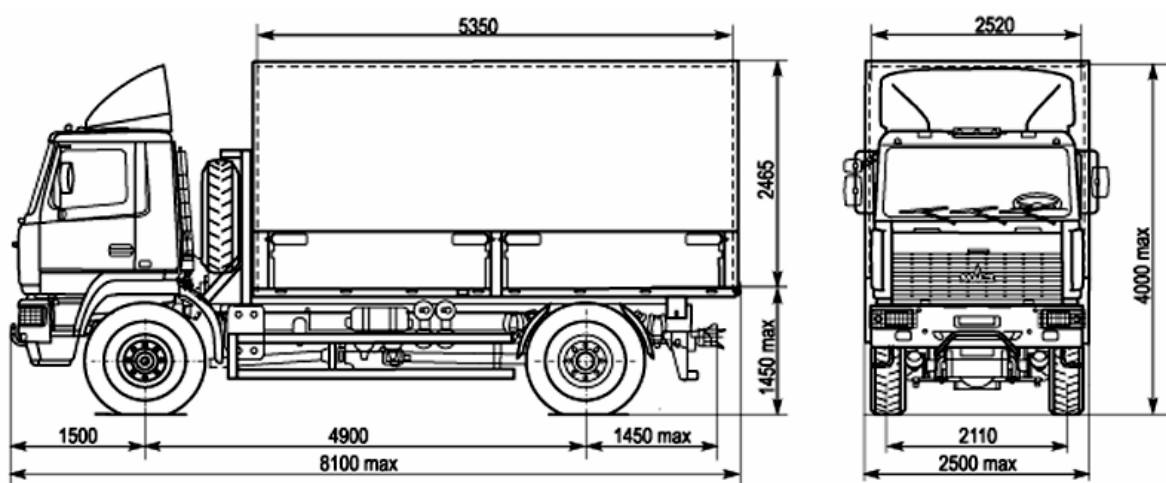


Рисунок 13 – Габаритные размеры автомобиля-прототипа

Определение расчетного радиуса качения колеса

Расчетный радиус качения вычисляется по формуле

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

где D_n – свободный диаметр шины,

$r_{ст}$ – статический радиус шины.

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, с.21]

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

где C – коэффициент формы:

$$C = 1,0.$$

H_G и B_G – габаритные высота и ширина автомобиля соответственно:

$$H_G = 4,0 \text{ м}; B_G = 2,5 \text{ м}.$$

« $n_{ш}$ – 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]

$$P_{ев} = \frac{V_{a \max}}{3,6 \cdot \eta_{тр}} \cdot \left(g \cdot m_a \cdot \psi + \frac{k_B \cdot A_B \cdot V_{a \max}^2}{3,6^2} \right), \quad (3)$$

Принимаем $\psi = 0,025$.

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

«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]

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

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

Максимальная стендовая мощность

$$P_{\text{е max}}^{\text{ст}} = P_{\text{ев}} / k_{\text{ст}}, \quad (5)$$

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

$$P_{\text{е max}}^{\text{ст}} = 220,5 / 0,95 = 232,11 \text{ кВт}$$

«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.» [15]

«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]:

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

где a, b, c – коэффициенты,

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

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

$$P_e^{ст} = P_e / k_{ст} \quad (8)$$

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

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

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

Рассчитаем значения параметров для частоты вращения 900 об/мин.

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

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

$$P_e = 243 \cdot 0,95 \cdot \left[0,814 \cdot \frac{900}{1900} + 0,69 \cdot \left(\frac{900}{1900} \right)^2 - 0,504 \cdot \left(\frac{900}{1900} \right)^3 \right] = 112,4 \text{ кВт.}$$

$$P_e^{CT} = 112,4 / 0,95 = 118,3 \text{ кВт.}$$

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

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

Результаты расчета для построения внешней скоростной характеристики двигателя заносим в таблицу 1. По данным таблицы строим график внешней скоростной характеристики двигателя, который отображается в приложении и на листе графической части.

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	
Передаточная 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
Передаточная 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
Передаточная 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]:

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

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

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

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]:

$$F_B = k_B \cdot A_B \cdot V_a^2 \quad (16)$$

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

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

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

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

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

$$F_{\varphi} = 9,81 \cdot 17000 \cdot 0,8 = 133416,0 \text{ Н}$$

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

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

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

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

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

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

«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]:

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

«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]:

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

$$P_B = F_B \cdot V_a \quad (21)$$

«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]:

$$И = (P_\psi + P_B) / P_k \quad (22)$$

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

$$\begin{aligned} P_k &= 112,4 \cdot 0,855 = 96,1 \text{ кВт}; \\ P_f &= 1,168 \cdot 4,15 / 3,6 = 1,35 \text{ кВт}; \\ P_B &= 0,003 \cdot 4,15 / 3,6 = 0,001 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

«Результаты расчета для построения мощностной характеристики автомобиля заносим в таблицу 3.2. 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	
Передача 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
Передача 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
Передача 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
Передача 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
Передача 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
Передача 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	
Р _ε		кВт	112,4	139,6	165,8	190,4	212,3	230,9	
Передача 7	η _{тр} = 0,855	Р _к	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V _а	км/ч	30,28	37,00	43,73	50,46	57,19	63,92
		V _а	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 _в	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	η _{тр} = 0,855	Р _к	кВт	96,1	119,3	141,8	162,8	181,5	197,4
		V _а	км/ч	42,64	52,12	61,59	71,07	80,55	90,02
		V _а	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 _в	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]:

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

«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:

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

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 сводим в таблицу 3.

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]

Таблица 3 - Расчет времени и пути разгона автомобиля

№ передачи	№ строки	Параметр	Размерность	Номер точки					
				0	1	2	3	4	5
2	1	$V_{i,3}$	км/ч	6,23	7,7	9,1	10,5	12	13,5
	2	$V_{i,3}$	м/с	1,73	2,14	2,53	2,92	3,33	3,75
	3	$\Delta V_{i,3}$	м/с	0	0,41	0,39	0,39	0,42	0,42
	4	$a_{i,3}$	м/с ²	1,64	1,71	1,731	1,724	1,67	1,6
	5	$a_{icp,3}$	м/с ²	0	1,675	1,7201	1,728	1,697	1,635
	6	$\Delta t_{i,3}$	с	0	0,24	0,23	0,23	0,25	0,25
	7	$t_{i,3}$	с	0	0,24	0,47	0,69	0,94	1,20
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,3}$	км/ч	0,235					
	10	$V_{\Pi,3}$	м/с	0,065					
	11	$V_{icp,3}$	м/с	0	1,935	2,333	2,722	3,125	3,542
	12	$\Delta S_{i,3}$	м	0	0,47	0,53	0,61	0,77	0,90
	13	$S_{i,3}$	м	0	0,47	1,00	1,61	2,38	3,28
	14	$S_{\Pi,3}$	м	3,72					
3	1	$V_{i,4}$	км/ч	13,27	14,36	15,45	16,54	17,63	18,7
	2	$V_{i,4}$	м/с	3,69	3,99	4,29	4,59	4,90	5,19
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	1,601	1,604	1,587	1,548	1,491	1,411
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	1,603	1,596	1,568	1,52	1,451
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
	7	$t_{i,4}$	с	2,20	2,38	2,57	2,77	2,97	3,17
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,4}$	км/ч	0,238					
	10	$V_{\Pi,4}$	м/с	0,066					
	11	$V_{icp,4}$	м/с	0	3,838	4,140	4,443	4,746	5,046
	12	$\Delta S_{i,4}$	м	0	0,73	0,79	0,86	0,95	1,03
	13	$S_{i,4}$	м	7,00	7,72	8,51	9,37	10,31	11,35
	14	$S_{\Pi,4}$	м	5,16					
4	1	$V_{i,4}$	км/ч	18,46	19,92	21,38	22,84	24,3	25,77
	2	$V_{i,4}$	м/с	5,13	5,53	5,94	6,34	6,75	7,16
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	1,411	1,387	1,349	1,295	1,225	1,144
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	1,399	1,368	1,322	1,26	1,185
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34
	7	$t_{i,4}$	с	4,17	4,46	4,76	5,06	5,39	5,73
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,4}$	км/ч	0,241					
	10	$V_{\Pi,4}$	м/с	0,067					
	11	$V_{icp,4}$	м/с	0	5,331	5,736	6,142	6,547	6,954
	12	$\Delta S_{i,4}$	м	0	1,55	1,70	1,88	2,11	2,40
	13	$S_{i,4}$	м	16,51	18,05	19,75	21,64	23,75	26,14
	14	$S_{\Pi,4}$	м	7,12					

Продолжение таблицы 3

№ передачи	№ строки	Параметр	Размерность	Номер точки					
				0	1	2	3	4	5
5	1	$V_{i,4}$	км/ч	25,53	26,54	27,55	28,56	29,57	30,58
	2	$V_{i,4}$	м/с	7,09	7,37	7,65	7,93	8,21	8,49
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	1,116	1,096	1,063	1,018	0,959	0,89
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	1,106	1,08	1,041	0,989	0,925
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
	7	$t_{i,4}$	с	6,73	6,98	7,24	7,51	7,80	8,10
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,4}$	км/ч	0,245					
	10	$V_{\Pi,4}$	м/с	0,068					
	11	$V_{icp,4}$	м/с	0	7,232	7,513	7,793	8,074	8,354
	12	$\Delta S_{i,4}$	м	0	1,84	1,95	2,10	2,29	2,54
	13	$S_{i,4}$	м	33,27	35,10	37,06	39,16	41,45	43,98
	14	$S_{\Pi,4}$	м	8,46					
6	1	$V_{i,4}$	км/ч	30,34	33,47	36,6	39,73	42,86	45,98
	2	$V_{i,4}$	м/с	8,43	9,30	10,17	11,04	11,91	12,77
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	0,808	0,791	0,764	0,726	0,676	0,618
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	0,799	0,777	0,745	0,701	0,647
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	1,09	1,12	1,17	1,24	1,34
	7	$t_{i,4}$	с	9,10	10,19	11,31	12,48	13,72	15,06
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,4}$	км/ч	0,255					
	10	$V_{\Pi,4}$	м/с	0,071					
	11	$V_{icp,4}$	м/с	0	8,863	9,732	10,601	11,471	12,339
	12	$\Delta S_{i,4}$	м	0	9,64	10,89	12,38	14,23	16,53
	13	$S_{i,4}$	м	52,44	62,08	72,97	85,34	99,58	116,11
	14	$S_{\Pi,4}$	м	12,74					
7	1	$V_{i,4}$	км/ч	45,73	49,37	53,01	56,65	60,3	63,92
	2	$V_{i,4}$	м/с	12,70	13,71	14,73	15,74	16,75	17,76
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	0,546	0,527	0,501	0,466	0,423	0,375
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	0,537	0,514	0,483	0,445	0,399
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	1,88	1,97	2,09	2,28	2,52
	7	$t_{i,4}$	с	16,06	17,94	19,91	22,00	24,28	26,80
	8	t_{Π}	с	1					
	9	$V_{\Pi,4}$	км/ч	0,278					
	10	$V_{\Pi,4}$	м/с	0,077					
	11	$V_{icp,4}$	м/с	0	13,208	14,219	15,231	16,243	17,253
	12	$\Delta S_{i,4}$	м	0	24,88	27,97	31,85	37,02	43,46
	13	$S_{i,4}$	м	128,84	153,72	181,70	213,55	250,58	294,04
	14	$S_{\Pi,4}$	м	17,72					

Продолжение таблицы 3

№ передачи	№ строки	Параметр	Размерность	Номер точки					
				0	1	2	3	4	5
8	1	$V_{i,4}$	км/ч	63,64	68,9	74,2	79,5	84,8	90
	2	$V_{i,4}$	м/с	17,68	19,14	20,61	22,08	23,56	25,00
	3	$\Delta V_{i,4}$	м/с	0	1,46	1,47	1,47	1,47	1,44
	4	$a_{i,4}$	м/с ²	0,346	0,320	0,294	0,263	0,227	0,189
	5	$a_{icp,4}$	м/с ²	0	0,333	0,307	0,279	0,245	0,208
	6	$\Delta t_{i,4}$	с	0	4,39	4,79	5,28	6,00	6,94
	7	$t_{i,4}$	с	27,80	32,18	36,98	42,26	48,26	55,20
	8	$V_{icp,4}$	м/с	0	18,408	19,875	21,347	22,819	24,278
	9	$\Delta S_{i,4}$	м	0	80,77	95,26	112,77	136,96	168,51
	10	$S_{i,4}$	м	311,75	392,52	487,79	600,55	737,51	906,02

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

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]:

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

где $k_{И}$ 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:

$$k_I = 1,2 + 0,14 \cdot I - 1,8 \cdot I^2 + 1,8 \cdot I^3,$$

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

«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]

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P_{вi} = k_B \cdot A_B \cdot V_i^2 \cdot V_i. \quad (39)$$

Значения степени использования мощности I_i и частоты вращения двигателя E_i :

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

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

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

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

$$Q_s = 100 \cdot \frac{\xi_{ep} \cdot k_{Иi} \cdot k_{Ei} \cdot (P_{\psi i} + P_{вi})}{\eta_{тр}^B \cdot \rho_T \cdot V_i}, \quad (42)$$

где ρ_T – плотность используемого топлива, для дизельного топлива $\rho_T = 860 \text{ кг/м}^3$.

Рассчитаем параметры для скорости 45 км/ч.

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

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

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

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

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

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

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

$$k_E = 1,25 - 0,99 \cdot 0,5 + 0,98 \cdot 0,5^2 - 0,24 \cdot 0,5^3 = 0,97;$$

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

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Данные для построения топливной характеристики установившегося движения автомобиля

V _a , км/ч	n _e , об/ мин	P _{ст_e} , кВт	P _e , кВт	P _{ki} , кВт	P _ψ , кВт	P _B , кВт	И	E	k _И	k _E	Q _s , 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

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля является важным этапом проектирования и анализа таких транспортных средств. Он позволяет определить основные параметры, такие как мощность двигателя, передаточное отношение коробки передач, коэффициенты сопротивления движению и эффективность топлива, которые влияют на производительность и экономичность автомобиля.

Одним из ключевых расчетов является расчет мощности двигателя, который основывается на скорости движения, массе автомобиля и требуемой динамике. Правильный расчет мощности позволяет обеспечить достаточную производительность автомобиля при различных условиях эксплуатации, включая езду в городе и на трассе. Также проводится расчет передаточного отношения коробки передач, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью двигателя и максимальной скоростью автомобиля. Правильно выбранное передаточное отношение позволяет достичь оптимальной эффективности топлива и обеспечить легкость управления автомобилем в различных ситуациях. Коэффициенты сопротивления движению также учитываются при расчете эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса. Они включают аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению и сопротивление подъемам. Правильный расчет и учет этих коэффициентов позволяет оптимизировать энергопотребление и обеспечить лучшую экономию топлива.

Таким образом, расчет эксплуатационных характеристик автомобиля позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

3 Расчет редукторных узлов переднего ведущего моста

3.1 Выбор основных параметров редукторных узлов 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 5:» [6]

Таблица 5 – 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].

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

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]

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

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

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

Принятые значения передаточных чисел коробки передач и главной передачи используются для дальнейших расчетов параметров главной передачи.

3.2 Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи

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

$$M_{pc} = M_e \cdot U_{T-B} \cdot \eta_{T-B} \cdot \lambda \cdot \Theta, \quad (44)$$

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

где λ – показатель доли мощности, которая передается рассматриваемым валом:

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

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

« $U_{Т-В}$, $\eta_{Т-В}$ – 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]

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

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

$$M_p = M_{рс} = 4555,3 \text{ Нм}.$$

«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]

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

$$R_e = 0,5 \cdot m_{te} \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2}, \quad (47)$$

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

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

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

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

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:

$$R_e = 0,5 \cdot 12 \cdot \sqrt{14^2 + 23^2} = 161,6 \text{ мм},$$

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

$$b_{ш} = 1,1 \cdot b_k = 1,1 \cdot 50,0 = 55,0 \text{ мм},$$

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

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

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

Принимаем $m_{nm} = 8,5$ мм.

Рассчитаем размеры зубчатых шестерни и колеса.

Величины углов делительных конусов:

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \arctg(z_1/z_2) = \arctg(14/23) = 31,3^\circ; \\ \delta_2 &= \arctg(z_2/z_1) = \arctg(23/14) = 58,7^\circ.\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}d_{wm} &= m_{nm} \cdot z / \cos \beta_m, & (53) \\ d_{wm1} &= m_{nm} \cdot z_1 / \cos \beta_m = 8,5 \cdot 14 / \cos 31,5^\circ = 139,6 \text{ мм}; \\ d_{wm2} &= m_{nm} \cdot z_2 / \cos \beta_m = 8,5 \cdot 23 / \cos 31,5^\circ = 229,3 \text{ мм}.\end{aligned}$$

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

– делительные:

$$\begin{aligned}d_e &= m_{te} \cdot z, & (54) \\ d_{e1} &= 12 \cdot 14 = 168,0 \text{ мм}; \\ d_{e2} &= 12 \cdot 23 = 276,0 \text{ мм}.\end{aligned}$$

– вершин зубьев:

$$\begin{aligned}d_{ae} &= d_e + 2 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta, & (55) \\ d_{ae1} &= 168,0 + 2 \cdot 12 \cdot \cos 31,3^\circ = 188,5 \text{ мм}; \\ d_{ae2} &= 276,0 + 2 \cdot 12 \cdot \cos 58,7^\circ = 288,5 \text{ мм}.\end{aligned}$$

– впадин зубьев:

$$\begin{aligned}d_{fe} &= d_e - 2,4 \cdot m_{te} \cdot \cos \delta, & (56) \\ d_{fe1} &= 168,0 - 2,4 \cdot 12 \cdot \cos 31,3^\circ = 143,4 \text{ мм}; \\ d_{fe2} &= 276,0 - 2,4 \cdot 12 \cdot \cos 58,7^\circ = 261,0 \text{ мм}.\end{aligned}$$

3.3 Подбор дифференциала

«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 МАЗ – 5309:

- число сателлитов: $n = 4$;
- число зубьев сателлитов: $Z_{сд} = 11$;
- число зубьев шестерен: $Z_{ш} = 20$;
- внешний окружной модуль: $m_{те.д} = 7,0$ мм;
- внешнее конусное расстояние: $R_{е.д} = 66,8$ мм;
- угол профиля: $\beta_d = 20^\circ$;
- ширина венца: $b_d = 20,5$ мм.» [14]

3.4 Привод к ведущим колесам

«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, $d_{ш} = 33,65$ мм;
- контактное напряжение по линии касания иглы с шипом, $\sigma_{н} = 2876,8$ МПа;
- нагрузка на подшипник, $P = 50,39$ кН;
- грузоподъемность подшипника: статическая, $C_0 = 55,1$ кН;
динамическая, $C = 29,79$ кН.» [15]

3.5 Подбор колесного редуктора

«Для проектируемого заднего ведущего моста выбираем планетарный, четырехсателлитный колесный редуктор, применяемый на автомобиле-аналоге. Основные размеры зубчатых колес колесного редуктора представлены в таблице 6.» [11]

Таблица 6 – 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		

Результаты подбора колесного редуктора позволяют определить его прочность и надежность в работе. Расчет контактных напряжений, нагрузок на зубья и деформаций позволяет оценить работу редуктора в условиях эксплуатации и убедиться в его способности выдерживать требуемые нагрузки. Рекомендуется проводить дальнейшие испытания и верификацию работы подобранного колесного редуктора на практике. Это поможет убедиться в правильности выбора и соответствии его характеристик требованиям и условиям эксплуатации.

3.6 Расчет нагруженности одинарной конической главной передачи

«Максимальный расчетный момент на шестерне главной передачи: $M_p = 4555,3 \text{ Н*м}$

Расчетная частота вращения, для дизельного двигателя.» [17]:

$$n_{\text{расч}} = n_M / U_{\text{т-в}}, \quad (57)$$

$$n_{\text{расч}} = 1300 / (7,3 \cdot 1,18) = 150,9 \text{ об/мин.}$$

«Для полноприводного автомобиля при эксплуатации по бездорожью: $\gamma_p = 0,5$.

Для грузового автомобиля:

$$\gamma_{\text{ср}} = \gamma_{\psi\text{ср}} + \gamma_{\nu\text{ср}} + \gamma_{j\text{ср}}, \quad (58)$$

где $\gamma_{\psi\text{ср}}$, $\gamma_{\nu\text{ср}}$, $\gamma_{j\text{ср}}$ – средние удельные сопротивления соответственно дороги, воздуха и при разгоне на данной передаче: $\gamma_{\psi\text{ср}} = 0,03$; $\gamma_{\nu\text{ср}} \approx 0$.» [14]

$$\gamma_{j\text{ср}} = B \cdot (\gamma_p - \gamma_{\psi\text{ср}} - \gamma_{\nu\text{ср}}) \quad (59)$$

$$\gamma_{j\text{ср}} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,03) = 0,141$$

$$\gamma_{cp} = 0,03 + 0,141 = 0,144$$

$$\gamma_p/\gamma_{cp} = 0,5/0,144 = 3,472$$

Условие прочности по напряжению кручения выполняется.

Выводы по разделу. В результате расчета редукторных узлов переднего ведущего моста, геометрического расчета одноступенчатой конической главной передачи, подбора дифференциала и расчета нагруженности одинарной конической главной передачи, можно сделать следующие выводы:

Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи позволил определить параметры передаточного отношения, числа зубьев, углы наклона зубьев и другие геометрические характеристики для обеспечения требуемой передачи мощности и сцепления с дорогой.

Подбор дифференциала осуществляется с учетом требований к приводимому моменту, нагрузкам, углу поворота и другим параметрам. Дифференциал обеспечивает равномерное распределение крутящего момента между приводимыми колесами и обеспечивать устойчивость и хорошую управляемость автомобиля.

Расчет нагруженности одинарной конической главной передачи позволил определить нагрузки на зубчатые колеса и определить их прочность и надежность. Расчет включает оценку контактных напряжений, нагрузок на зубья, деформаций и других параметров, которые влияют на работу передачи. Результаты расчетов позволили определить оптимальные параметры редукторных узлов ведущего моста, такие как передаточное отношение, числа зубьев, углы наклона зубьев и тип дифференциала. Это позволяет обеспечить эффективную передачу мощности, надежность и долговечность работы моста.

Проводить дальнейшую проверку и верификацию результатов расчетов можно на практике, путем проведения испытаний и анализа работы редукторных узлов переднего ведущего моста в реальных условиях эксплуатации.

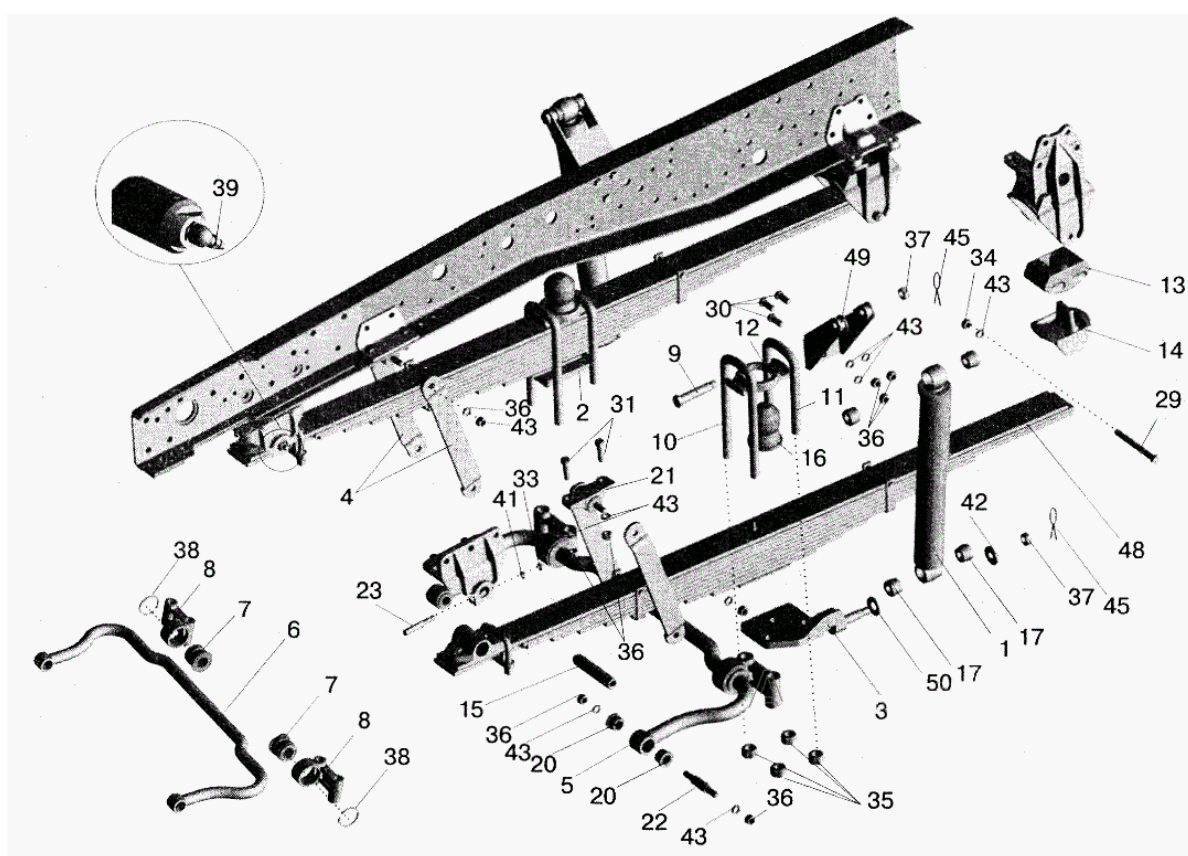
Исходя из этих выводов, можно заключить, что расчет редукторных узлов переднего ведущего моста, геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи, подбор дифференциала и расчет нагруженности одинарной конической главной передачи являются важными этапами разработки и проектирования переднего ведущего моста грузовых автомобилей. Это позволяет обеспечить оптимальную передачу мощности, надежность работы и удовлетворение требований к работе моста в различных условиях эксплуатации.

Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются.

4 Технологическая часть дипломного проекта

4.1 Описание объекта производства и назначение его в узле

«В данном дипломном проекте в качестве объекта технологического процесса изготовления будет рассмотрен кронштейн подвески автомобиля. Данный кронштейн входит в состав подвески моста автомобиля и предназначен для крепления малолистовой рессоры к раме, рисунок 14.» [6]



«1 – амортизатор; 2 - кронштейн нижний правый; 3- кронштейн нижний левый; 4 – серьга;
5 - вал стабилизатора с кронштейнами; 6 - вал стабилизатора; 7 – втулка; 8 - кронштейн
нижний; 9 – палец; 10 - стремянка передняя; 11 – стремянка; 12 – накладка; 13 – подушка;
14 – вкладыш; 15 - палец ушка передней рессоры; 16 – буфер; 17 – втулка; 20 – втулка;
21 - кронштейн верхний; 22 – палец; 23 - клин пальца; 29 - болт М16; 30 - болт М16;
31 - болт М16; 33 - гайка М12; 34 - гайка М16; 35 - гайка М24; 36 - гайка М16; 37 - гайка
М20; 38 - кольцо; 39 – масленка; 41 - шайба 12; 42 - шайба 20; 43 – шайба;
45 - шплинт 4x40; 48 - рессора передняя; 49 - кронштейн верхний; 50 – шайба.» [1]

Рисунок 14 – Подвеска автомобиля

«В соответствии с назначением, кронштейн имеет поверхность с тремя отверстиями, которой он примыкает к лонжерону рамы, а также поверхность, имеющую форму скобы, с двумя соосными отверстиями, в которых удерживается палец ушка передней рессоры. В соответствии с этим, к кронштейну предъявляются повышенные требования к расположению поверхностей (допуски перпендикулярности, соосности и др.)

Рассматриваемый кронштейн изготавливается из стали 40Л ГОСТ 977–88.» [14]

4.2 Анализ технологичности конструкции детали

«Отработка конструкции на технологичность – комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции изделия по установленным показателям. Она направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на изготовление изделия при обеспечении необходимого его качества. Виды и показатели технологичности конструкции приведены в ГОСТ 14.203-89, а правила отработки конструкции изделия и перечень обязательных показателей технологичности – в ГОСТ 14.201-83.

Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. Количественная оценка технологичности изделия выражается числовыми показателями и оправдана в том случае, если они существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.» [16], [22]

«Количественная оценка выражается числовыми показателями и складывается из основных и дополнительных показателей. К основным показателям относятся: трудоемкость изготовления детали и технологическая себестоимость детали.

При оценке детали на технологичность обязательными являются следующие дополнительные показатели:» [23]

Коэффициент использования материала:

$$K_{и.м.} = q/Q, \quad (60)$$

где q и Q – соответственно масса детали и заготовки, кг.

$$K_{и.м.} = 5,9/6,8 = 0,88.$$

Масса детали $q = 5,9$ кг.

Максимальное значение качества обработки IT 10.

Минимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей $Ra = 5$ мкм.

4.3 Выбор метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта

«Кронштейн передний имеет сложную форму. В соответствии со своим назначением, конструктивно он состоит из проушины, в которой размещается палец ушка передней рессоры, и горизонтальной поверхности, которой он крепится к лонжерону рамы. Также в проушине перпендикулярно отверстию под палец рессоры имеется отверстие для клина пальца.

Стоимость заготовки в этом случае составит:» [15]

$$S_{заг.} = S_M + \Sigma C_{о.з} \quad (61)$$

«где S_M – затраты на материал заготовки, руб.,

$\Sigma C_{о.з.}$ – технологическая себестоимость заготовительных операций, руб.

$$S_M = ((S_1/1000) \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{П}) - (Q - q) \cdot (S_{отх}/1000), \quad (62)$$

где S_1 – базовая стоимость 1 т. заготовок, руб.;

k_T, k_C, k_B, k_M, k_P – коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок (кронштейн передний относится к III группе сложности);

$S_{\text{ОТХ}}$ – заготовительные цены на стружку металлов.» [10]

$$C_{\text{О.З.}} = (C_{\text{П.З.}} \cdot T_{\text{ШТ.-К.}}) / 60, \quad (63)$$

«где $C_{\text{П.З.}}$ – приведенные затраты на заготовительные операции, руб./час;

$T_{\text{ШТ.-К.}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.» [12]

$$S_M = ((14871000/1000) \cdot 6,8 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,22 \cdot 1) - (6,8 - 5,9) \times \\ \times (3500000/1000) = 117320,6 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{О.З.}} = (20011,7 \cdot 17,8) / 60 = 5936,8 \text{ руб.,}$$

$$S_{\text{ЗАГ. БАЗ.}} = 117320,6 + 5936,8 = 123257,4 \text{ руб.}$$

Для каждого метода получения заготовки необходимо оценить затраты на материалы, оборудование, технологические операции и трудовые ресурсы. Необходимо сравнить стоимость производства для различных методов и выбрать наиболее экономически выгодный вариант.

4.4 Назначение припусков под механическую обработку

«Назначение припусков ведется согласно ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку», рисунка 15. Результаты заносятся в сводную таблицу 7.» [6]

Таблица 7 – Припуски под механическую обработку

Номер	Номинальный размер, мм	Допуск на размер, мм	Вид обработки	Припуск, мм
1	$12 \pm 0,9$	1,8	фрезерование	2×3,0
2	$92^{+0,54}$	0,54	фрезерование	6,0
3	$60 \pm 0,37$	0,37	фрезерование	2×3,0
4	$\varnothing 17^{+0,43}$	0,43	сверление	6×8,5
5	$\varnothing 32^{+0,1}$	0,1	сверление	2×14,0
			зенкерование	2×1,8
			развертывание	2×0,2
6	$\varnothing 16_{+}^{+0,42}$	0,27	сверление	8,0
7	$\varnothing 33^{+0,62}$	0,62	цекование	5×8,0
8	$\varnothing 31^{+0,62}$	0,62	зенкование	7,0

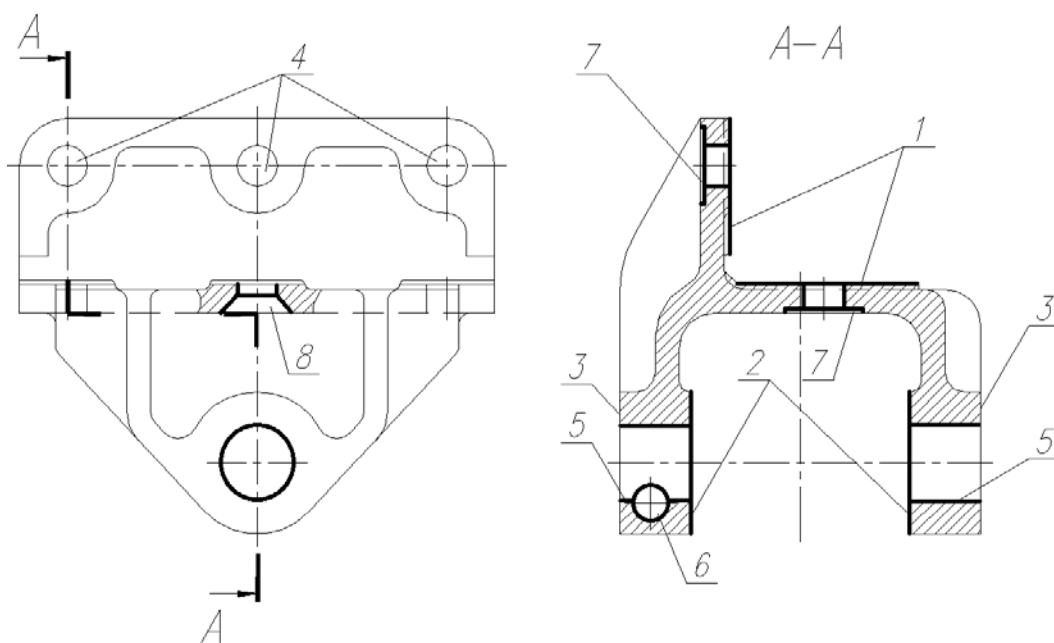


Рисунок 15 – Обработка поверхностей кронштейна передней подвески

Припуски позволяют получить требуемые размеры и форму детали после механической обработки. Они учитывают потери материала, степень сжатия или растяжения детали при обработке и другие влияющие факторы. Припуски также учитывают требования к зазорам и допускам при сборке деталей или соединении их с другими компонентами. Они обеспечивают необходимое взаимодействие и функциональность сборочных единиц.

4.5 Назначение режимов резания

«Методика расчетов режимов резания представлена в справочной и учебной литературе. В процессе разработки операционной технологии необходимо рассчитать режимы резания на один из технологических переходов, а на остальные переходы и операции определить по нормативным данным режимы. В процессе разработки операционной технологии воспользуемся известной методикой.» [24].

Рассмотрим подробно назначение режимов резания для фрезерной операции 005, производимой на станке ГФ1401С3.

Рассчитываем длину рабочего хода:

$$L_{P.X.} = L_P + L_{Доп.} + y, \quad (64)$$

«где L_P – длина резания, мм.;

$L_{Доп.}$ – дополнительная величина, хода вызванная особенностями наладки и конфигурации детали, мм.;

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента;» [11]

$$L_{P.X.} = 200 + 6,0 + 14,0 = 220 \text{ мм}$$

Назначаем подачу суппортов на оборот фрезы S , мм/об:

$$S = 0,8 \text{ мм/об.} \quad (65)$$

Стойкость инструмента $T_P = 300$ мин

Определяем скорость резания по формуле, м/мин.:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (66)$$

$$V_{\text{табл}} = 140 \text{ м/мин.}$$

$$V = 140 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 97,02 \text{ м/мин.}$$

«Определяем частоту вращения фрезы, об./мин.:

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D), \quad (67)$$

где D – диаметр фрезы, мм.

$$n = (1000 \cdot 97,02) / (3,14 \cdot 220) = 140,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Назначаем частоту вращения по паспорту станка $n = 140 \text{ мин}^{-1}$.

Скорректируем значение скорости:

$$V_{\text{ПР}} = n \cdot \pi \cdot D / 1000, \quad (68)$$

$$V_{\text{ПР}} = (140 \cdot 3,14 \cdot 220) / 1000 = 96,7 \text{ м/мин.}$$

Определяем минутную подачу, мм/мин:

$$S_m = S \cdot n = 0,8 \cdot 140 = 112 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитываем основное время на обработку, мин.:

$$T_0 = L_{\text{р.х.}} / S_m = 220 / 112 = 1,96 \text{ мин.}$$

Остальные режимы резания рассчитываются по приведенной выше методике и сводятся в таблицу 8» [16]

Таблица 8 – Сводная таблица режимов резания механической обработки

№ оп.	t, мм	L _{р.х.} , мм	T, мин	S, мм/об	n _{ПР} , мин ⁻¹	V _{ПР} , м/мин	S _м , мм/мин	T _о , мин
005	3,0	220	300	0,8	140	96,7	112	1,96
010.1	8,5	23	52	0,34	300	16,0	102	0,23
010.2	3,0	40	300	0,64	180	113,0	115,2	0,35
010.3	8,5	23	52	0,34	300	16,0	102	0,23
010.4	3,0	70	300	0,64	180	113,0	115,2	0,61
015.1	7,0	72	30	0,25	400	17,6	100	0,72
015.2	1,0	72	30	0,38	400	20,1	152	0,48
015.3	14,0	40	50	0,48	220	19,6	105,6	0,38
015.4	0,8	40	50	0,6	220	21,8	132	0,3
015.5	0,2	40	50	1,0	75	7,54	75	0,53
020.1	8,0	5	52	0,35	150	15,54	52,5	0,09
020.2	8,0	5	52	0,35	150	15,54	52,5	0,09
020.3	7,0	10	50	0,18	180	17,5	32,4	0,3

Назначение режимов резания заключается в максимизации производительности, обеспечении качества обработки, увеличении срока службы инструмента, снижении энергопотребления и обеспечении безопасности. Правильные режимы резания помогают достичь оптимальных результатов в процессе обработки материала.

4.6 Нормирование технологического процесса механической обработки

«Нормы времени определяются на основании рассчитанного в режимах резания операционного времени и литературных источников, таких как общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, выполняемые на металлорежущих станках.» [25]

Рассмотрим расчет норм времени на примере фрезерной операции 005.

Нормы времени на операцию определяется:

$$T_{шт.} = T_{о.} + T_{в.} + T_{об.} + T_{от.}, \quad (69)$$

где T_O – основное время (1,96 мин);

T_B – вспомогательное время, мин., состоящее из затрат времени на отдельные приемы:

$$T_B = T_{УС.} + T_{ЗО} + T_{УП.} + T_{ИЗ.}, \quad (70)$$

«где $T_{УС.}$ – время на установку и снятие детали (0,15 мин.);

$T_{ЗО}$ – время на закрепление и открепление детали (0,04 мин.);

$T_{УП.}$ – время на приемы управления (0,04 мин.);

$T_{ИЗ.}$ – время на измерение детали (0,17 мин.);» [8]

$$T_B = 0,15 + 0,04 + 0,04 + 0,17 = 0,4 \text{ мин}$$

$$T_{ОП.} = T_O + T_B = 1,96 + 0,4 = 2,36 \text{ мин}$$

$T_{ОБ.}$ – время на обслуживание рабочего места:

$$T_{ОБ.} = 3,5 \% \text{ от } T_O = 1,96 \cdot 0,035 = 0,069 \text{ мин}$$

$T_{ОТ.}$ – время перерывов на отдых и личные надобности:

$$T_{ОТ.} = 7 \% \text{ от } T_O = 1,96 \cdot 0,07 = 0,137 \text{ мин.}$$

$$T_{ШТ.} = 2,36 + 0,069 + 0,137 = 2,57 \text{ мин}$$

$$T_{ШТ.-К.} = (T_{ПЗ.} / n) + T_{ШТ.}$$

$$T_{ШТ.-К.} = (28 / 209) + 2,57 = 2,7 \text{ мин}$$

Расчеты норм времени рассчитываются по приведенной выше методике и сводятся в таблицу 9.

Таблица 9 – Сводная таблица технических норм времени по операциям

Т _{о.}	Т _{в.}			Т _{оп.}	Т _{об.}	Т _{от.}	Т _{шт.}	Т _{пз}	n	Т _{шт-к}
	Т _{ус.}	Т _{уп.}	Т _{из.}							
1,96	0,19	0,04	0,17	2,36	0,069	0,137	2,57	28	209	2,7
1,42	0,33	0,24	0,72	2,71	0,142	0,1	2,95	28		3,08
2,41	0,27	0,24	0,57	3,49	0,262	0,23	3,98	25		4,1
0,48	0,22	0,15	0,16	1,01	0,03	0,05	1,1	20		1,196

В результате проведенного анализа технологичности конструкции детали, выбора метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта, назначения припусков под механическую обработку, назначения режимов резания и нормирования технологического процесса механической обработки можно сделать следующие выводы.

Анализ технологичности конструкции детали позволяет определить возможности и ограничения при ее изготовлении и обработке. Результаты анализа помогают выявить возможные проблемы и недостатки конструкции, а также оптимизировать технологический процесс.

Выбор метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта включает оценку затрат на материалы, оборудование, технологические операции и трудовые ресурсы. Необходимо выбрать наиболее экономически выгодный вариант, учитывая стоимость производства, производительность, качество обработки и другие факторы.

Припуски под механическую обработку назначаются для компенсации возможных отклонений размеров и формы заготовки, обеспечения нужных размеров и формы после обработки, учета зазоров и допусков в сборке, компенсации деформаций и напряжений, а также обеспечения точности и качества обработки.

Назначение режимов резания заключается в оптимизации процесса обработки материала и достижении желаемых результатов, таких как увеличение производительности, обеспечение качества обработки, увеличение

срока службы инструмента, снижение энергопотребления и обеспечение безопасности.

Нормирование технологического процесса механической обработки позволяет определить последовательность операций, параметры обработки, время выполнения и другие параметры. Нормирование обеспечивает единые стандарты и регламенты для процесса обработки, упрощает планирование производства и повышает эффективность работы.

Исходя из этих выводов, можно заключить, что анализ технологичности конструкции детали, выбор метода получения заготовки, назначение припусков под механическую обработку, назначение режимов резания и нормирование технологического процесса механической обработки являются важными этапами в процессе проектирования и производства деталей. Они позволяют оптимизировать процессы, повысить качество и эффективность работы, а также обеспечить экономическую целесообразность производства.

5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования

5.1 Характеристика участка сборки

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – автоматической коробки передач легкового автомобиля. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

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.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрошита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке. Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

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

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

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

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

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

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

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

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

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

- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

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

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [25]

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

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

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

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

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

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

человека).

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

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [12]

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

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

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

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

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

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

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся

повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;
повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;
- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;
- пониженная световая и цветовая контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока» [12]

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

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;

- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих

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

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

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

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 10.

Таблица 10 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 10

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Продолжение таблицы 10

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

Продолжение таблицы 10

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся

вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 11 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 11 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.» [12]</p>

Продолжение таблицы 11

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]	«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

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

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в

случае срабатывания пожарной сигнализации;

– оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

– обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;

– смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;

– пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;

– обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической

безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планировании участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта

6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенном необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. 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.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное

освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
ИТОГО					576 064,00

В таблице 1 рассчитана общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 71.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} \cdot Ц_{пл} \cdot Н_{а}}{100}, \quad (71)$$

где $S_{пл}$ – площадь сборочного участка, $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$;

$Ц_{пл}$ – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения, $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$;

$Н_{а}$ – норма амортизации площадей помещения, $Н_{а} = 2,5\%$.

$$A_{пл} = \frac{171 \cdot 4000 \cdot 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 72. Расчет сведен в таблицу 12.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (72)$$

«где $M_{д}$ – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

T – годовой фонд времени работы участка, $T = 2030 \text{ ч}$;

$K_{о}$ – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка $K_{о} = 0,4$;

$K_{м}$ – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем $K_{м} = 0,7$;

K_v – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем $K_v = 0,35$;

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, $\eta = 0,75$.» [9], [20]

Таблица 12 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	K_m	K_v	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 73.

$$R_{\text{св}} = (M_{\text{св}} \cdot n \cdot T \cdot \text{Код} \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_{\text{э}}) / \eta, \quad (73)$$

где $M_{\text{св}}$ – мощность светильника, $M_{\text{св}} = 95$ Вт;

n – количество светильников на участке, $n = 60$;

T – годовой фонд времени работы светильников, $T = 2440$ ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, $\text{Код} = 0,85$;

K_v – коэффициент времени работы освещения, принимаем $K_v = 0,75$;

K_p – коэффициент сетевых потерь, принимаем $K_p = 1,05$;

$C_{\text{э}}$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, $C_{\text{э}} = 4,56$ руб;

η – КПД светильников, $\eta = 0,75$.

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 74.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (74)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

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

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 13. Расчет выполняется по формуле 75.

$$\text{Озп} = \text{Ст} \cdot \text{Т} \cdot \left(1 + \frac{\text{Дп}}{100}\right), \quad (75)$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 76.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (76)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$\text{Дзп} = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые

взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 77.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (77)$$

где $K_{\text{соц}}$ – норма отчислений на страховые взносы, $K_{\text{соц}} = 0,3$.

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{зп}} + D_{\text{зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (78)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 14

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$H_p = 1,25 \cdot O_t \quad (79)$$

$$H_p = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 80.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (80)$$

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

$T_{уч}$ – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$C_{нч} = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

Заключение

По результатам анализа, произведенного в первом разделе дипломного проекта можно сделать следующие выводы. Конструкция автоматической коробки передач является сложной и многофункциональной. Она включает в себя гидравлическую систему управления, гидротрансформатор, блоки переключения передач, систему контроля и диагностики, а также механизмы блокировки и сцепления. Важно отметить, что выбор конкретной конструкции коробки передач должен быть основан на проведении соответствующих расчетов и анализе требований и условий эксплуатации.

Расчеты, связанные с конструкцией коробки передач, могут включать определение оптимального передаточного отношения для достижения наилучшей производительности и экономии топлива, а также анализ нагрузок и динамики системы. Эти расчеты позволяют оптимизировать конструкцию коробки передач и обеспечить ее надежность и эффективность в различных условиях эксплуатации.

Выбор конструкции автоматической коробки передач также зависит от требований и предпочтений водителя. Различные типы и конструкции коробок передач, такие как трехступенчатая АКП, многоступенчатая АПП, роботизированная коробка передач или вариатор, предлагают различные преимущества в области комфорта вождения, экономии топлива и производительности. Поэтому важно учитывать конкретные потребности и условия эксплуатации автомобиля при выборе конструкции коробки передач.

Для автомобиля, принятого в качестве базового выбрана трехступенчатая автоматическая коробка передач.

Итак, анализ конструкции автоматической коробки передач требует проведения расчетов и анализа, чтобы определить оптимальные параметры и удовлетворить требования водителя и условия эксплуатации. Это позволяет выбрать конструкцию, которая обеспечивает комфорт, надежность, эффективность и производительность автомобиля.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства. Расчет эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса является важным этапом проектирования и анализа таких транспортных средств. Он позволяет определить основные параметры, такие как мощность двигателя, передаточное отношение коробки передач, коэффициенты сопротивления движению и эффективность топлива, которые влияют на производительность и экономичность автомобиля.

Одним из ключевых расчетов является расчет мощности двигателя, который основывается на скорости движения, массе автомобиля и требуемой динамике. Правильный расчет мощности позволяет обеспечить достаточную производительность автомобиля при различных условиях эксплуатации, включая езду в городе и на трассе. Также проводится расчет передаточного отношения коробки передач, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью двигателя и максимальной скоростью автомобиля. Правильно выбранное передаточное отношение позволяет достичь оптимальной эффективности топлива и обеспечить легкость управления автомобилем в различных ситуациях. Коэффициенты сопротивления движению также учитываются при расчете эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса. Они включают аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению и сопротивление подъемам. Правильный расчет и учет этих коэффициентов позволяет оптимизировать энергопотребление и обеспечить лучшую экономию топлива.

Таким образом, расчет эксплуатационных характеристик автомобиля малого класса позволяет оптимизировать его производительность, экономичность и управляемость. Он способствует созданию автомобиля, который отвечает требованиям современных водителей в различных условиях эксплуатации.

В результате выполнения конструкторского раздела дипломного проекта был выполнен ряд конструкторских прочностных и мощностных расчетов.

В результате расчета редукторных узлов переднего ведущего моста, геометрического расчета одноступенчатой конической главной передачи, подбора дифференциала и расчета нагруженности одинарной конической главной передачи, можно сделать следующие выводы:

Геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи позволил определить параметры передаточного отношения, числа зубьев, углы наклона зубьев и другие геометрические характеристики для обеспечения требуемой передачи мощности и сцепления с дорогой.

Подбор дифференциала осуществляется с учетом требований к приводимому моменту, нагрузкам, углу поворота и другим параметрам. Дифференциал обеспечивает равномерное распределение крутящего момента между приводимыми колесами и обеспечивать устойчивость и хорошую управляемость автомобиля.

Расчет нагруженности одинарной конической главной передачи позволил определить нагрузки на зубчатые колеса и определить их прочность и надежность. Расчет включает оценку контактных напряжений, нагрузок на зубья, деформаций и других параметров, которые влияют на работу передачи. Результаты расчетов позволили определить оптимальные параметры редукторных узлов ведущего моста, такие как передаточное отношение, числа зубьев, углы наклона зубьев и тип дифференциала. Это позволяет обеспечить эффективную передачу мощности, надежность и долговечность работы моста.

Проводить дальнейшую проверку и верификацию результатов расчетов можно на практике, путем проведения испытаний и анализа работы редукторных узлов переднего ведущего моста в реальных условиях эксплуатации.

Исходя из этих выводов, можно заключить, что расчет редукторных узлов переднего ведущего моста, геометрический расчет одноступенчатой конической главной передачи, подбор дифференциала и расчет нагруженности одинарной конической главной передачи являются важными этапами разработки и проектирования переднего ведущего моста грузовых

автомобилей. Это позволяет обеспечить оптимальную передачу мощности, надежность работы и удовлетворение требований к работе моста в различных условиях эксплуатации. Также в результате выполнения конструкторских расчетов установлено, что требования к выполнению условия обеспечения запаса прочности деталями механизма выполняются.

В результате проведенного анализа технологичности конструкции детали, выбора метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта, назначения припусков под механическую обработку, назначения режимов резания и нормирования технологического процесса механической обработки можно сделать следующие выводы.

Анализ технологичности конструкции детали позволяет определить возможности и ограничения при ее изготовлении и обработке. Результаты анализа помогают выявить возможные проблемы и недостатки конструкции, а также оптимизировать технологический процесс.

Выбор метода получения заготовки с экономическим обоснованием проектируемого варианта включает оценку затрат на материалы, оборудование, технологические операции и трудовые ресурсы. Необходимо выбрать наиболее экономически выгодный вариант, учитывая стоимость производства, производительность, качество обработки и другие факторы.

Припуски под механическую обработку назначаются для компенсации возможных отклонений размеров и формы заготовки, обеспечения нужных размеров и формы после обработки, учета зазоров и допусков в сборке, компенсации деформаций и напряжений, а также обеспечения точности и качества обработки.

Назначение режимов резания заключается в оптимизации процесса обработки материала и достижении желаемых результатов, таких как увеличение производительности, обеспечение качества обработки, увеличение срока службы инструмента, снижение энергопотребления и обеспечение безопасности.

Нормирование технологического процесса механической обработки позволяет определить последовательность операций, параметры обработки, время выполнения и другие параметры. Нормирование обеспечивает единые стандарты и регламенты для процесса обработки, упрощает планирование производства и повышает эффективность работы.

Исходя из этих выводов, можно заключить, что анализ технологичности конструкции детали, выбор метода получения заготовки, назначение припусков под механическую обработку, назначение режимов резания и нормирование технологического процесса механической обработки являются важными этапами в процессе проектирования и производства деталей. Они позволяют оптимизировать процессы, повысить качество и эффективность работы, а также обеспечить экономическую целесообразность производства.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных

вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

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

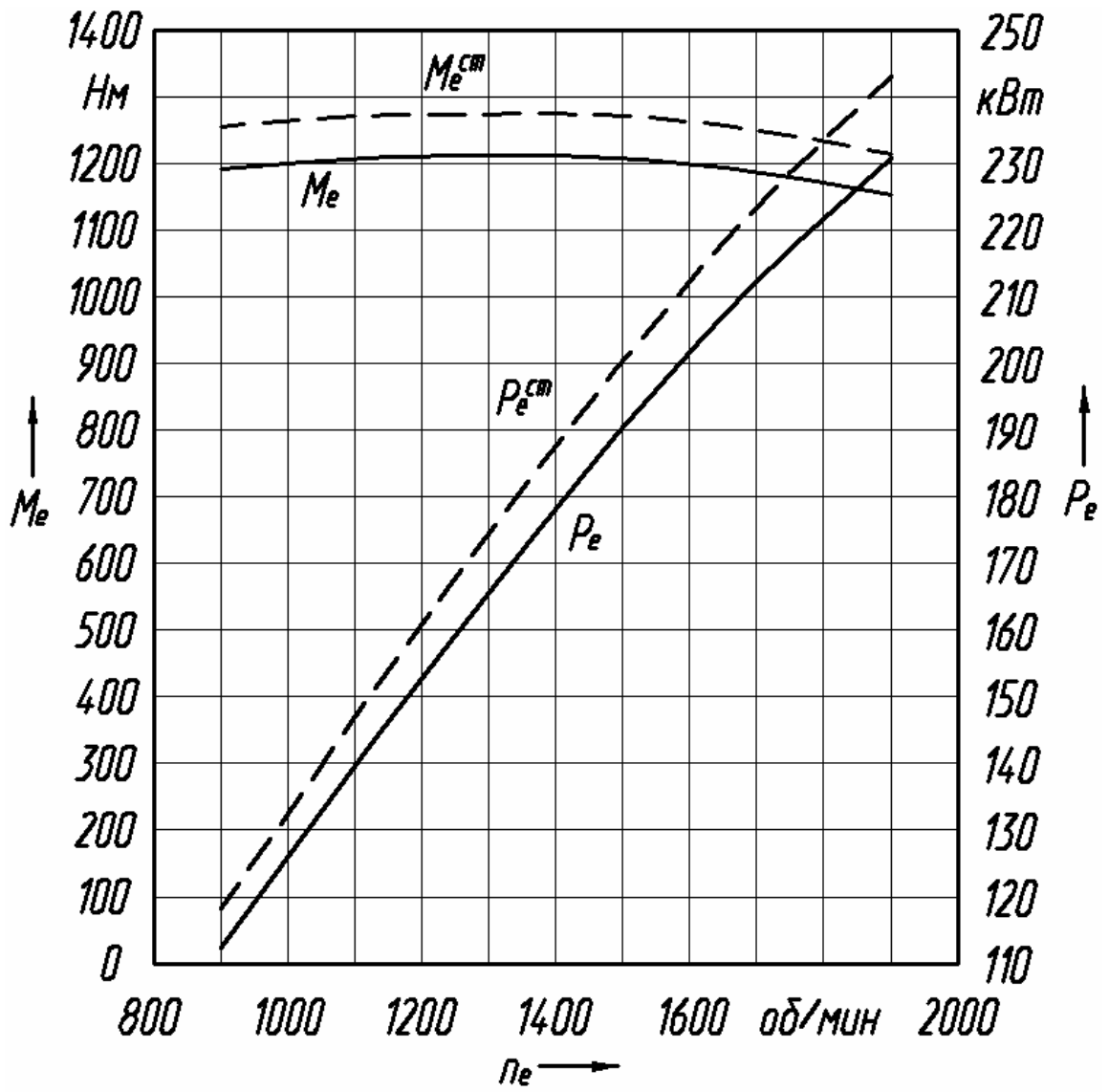


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Продолжение Приложения А

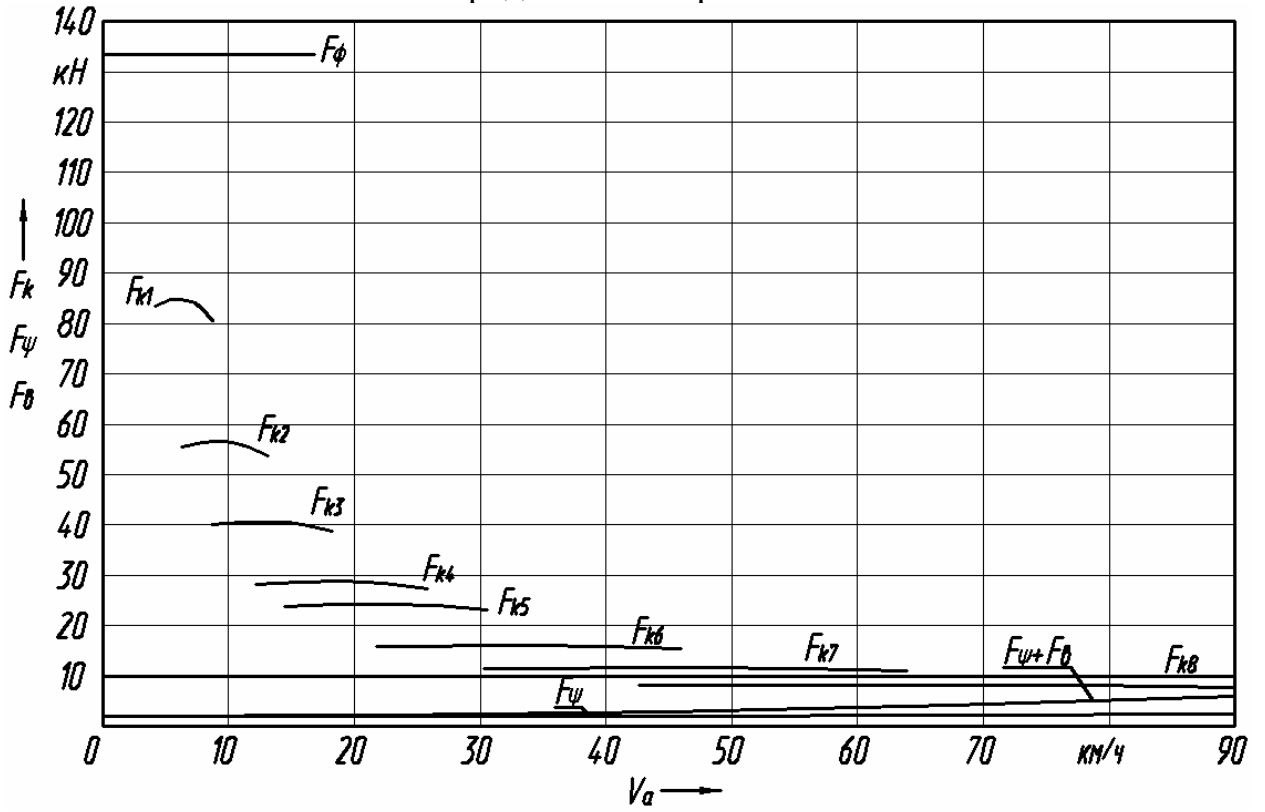


Рисунок А2 – Тяговая характеристика автомобиля

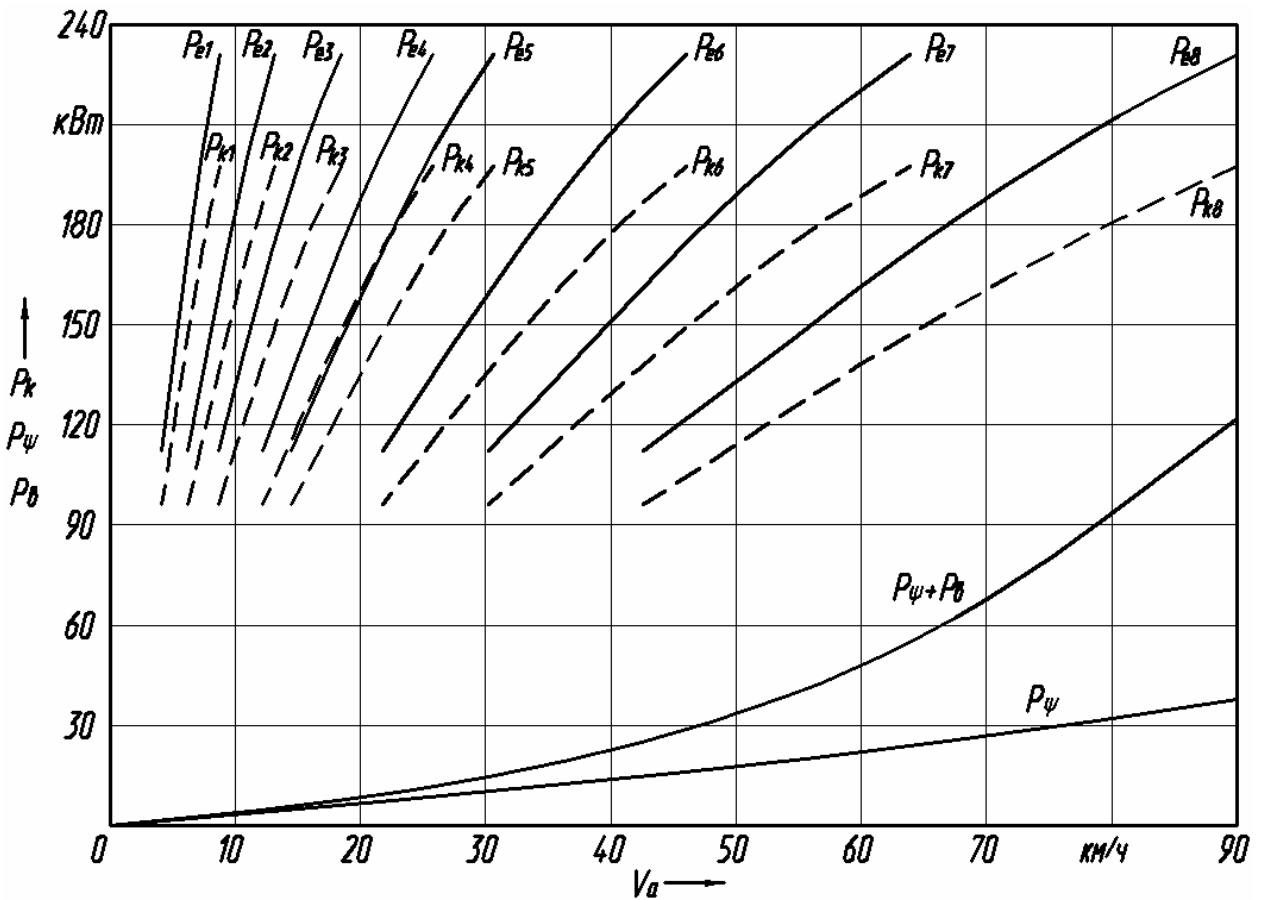


Рисунок А3 – Мощностная характеристика автомобиля

Продолжение Приложения А

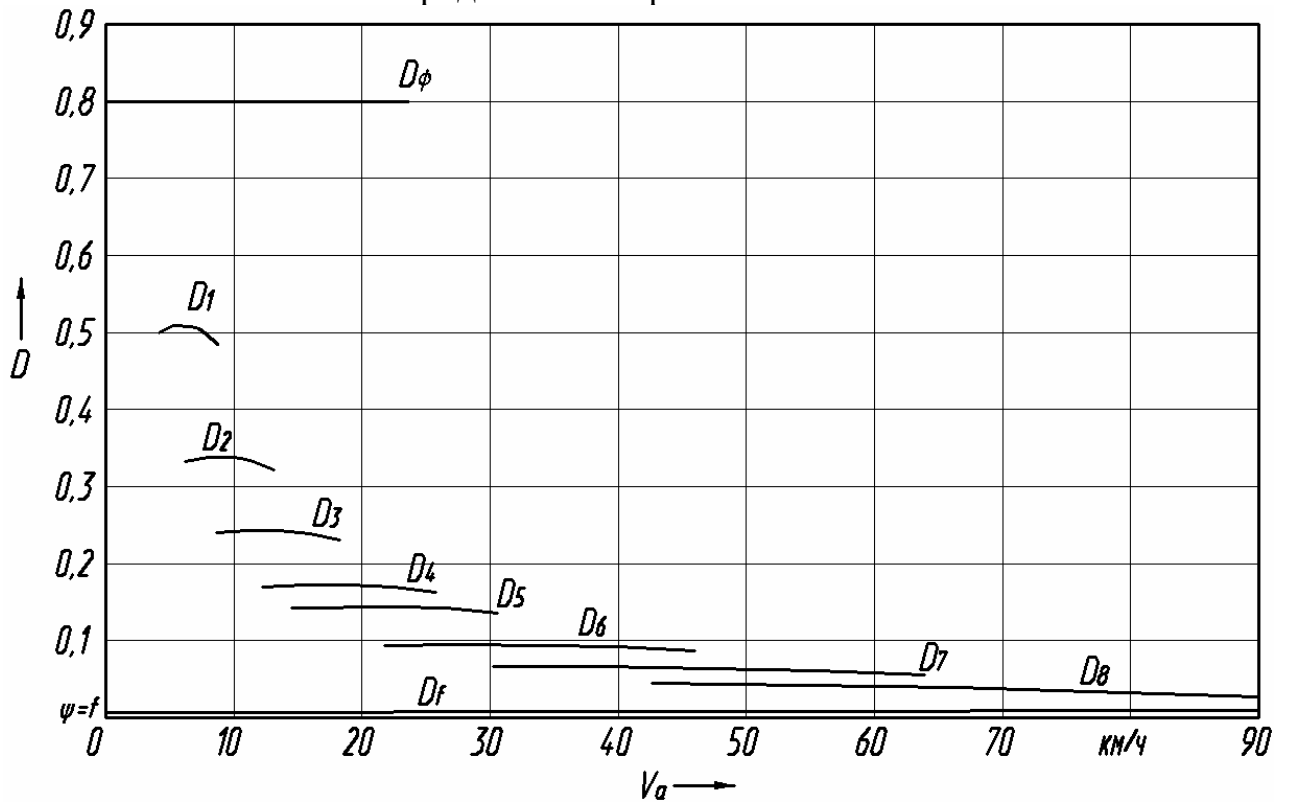


Рисунок А4 – Динамическая характеристика автомобиля

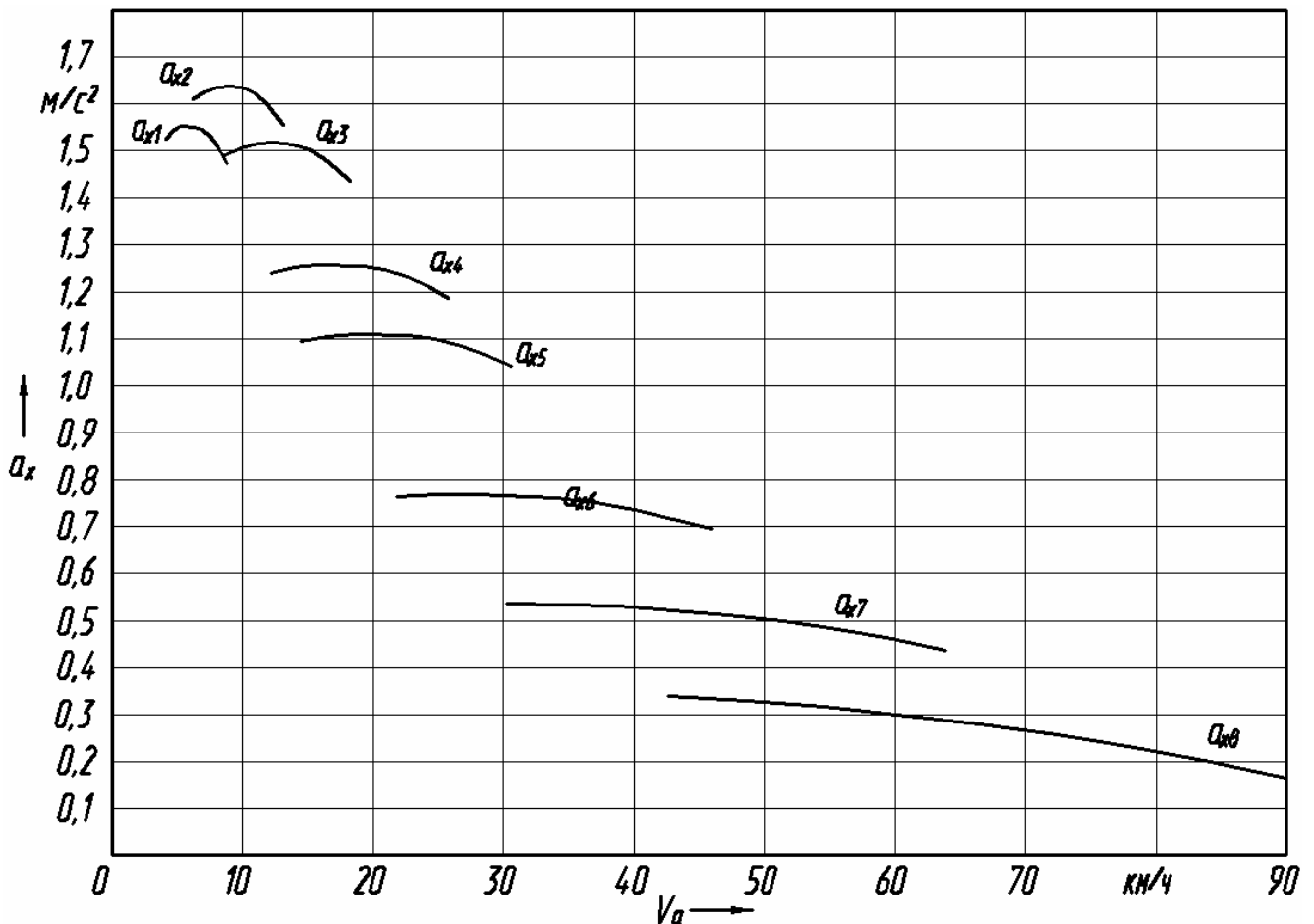


Рисунок А5 – Ускорения автомобиля на передачах

Продолжение Приложения А

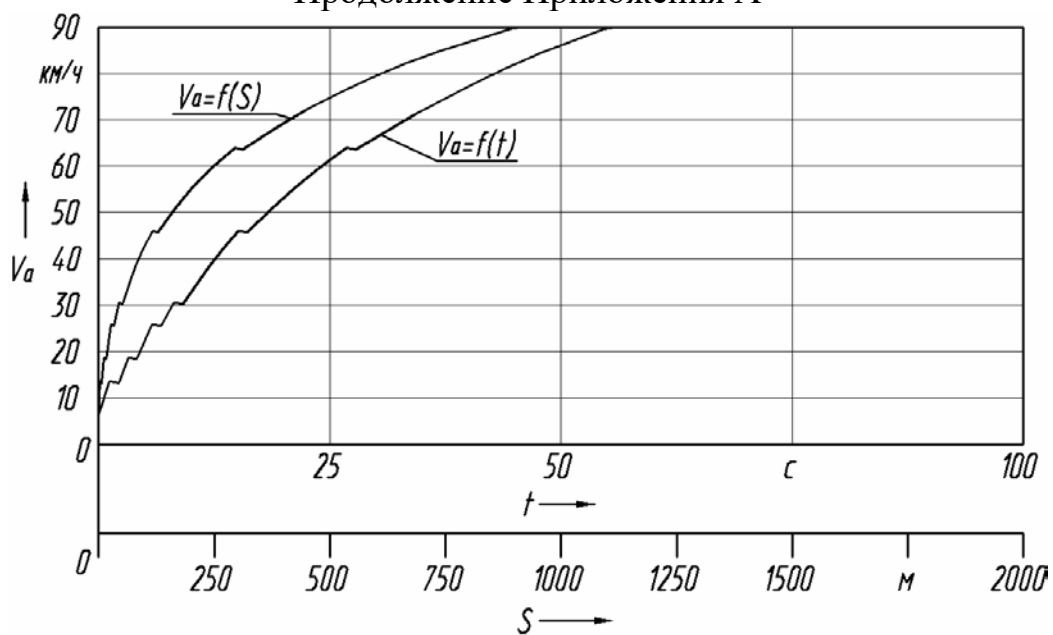


Рисунок А6 – Скоростные характеристики времени и пути разгона автомобиля

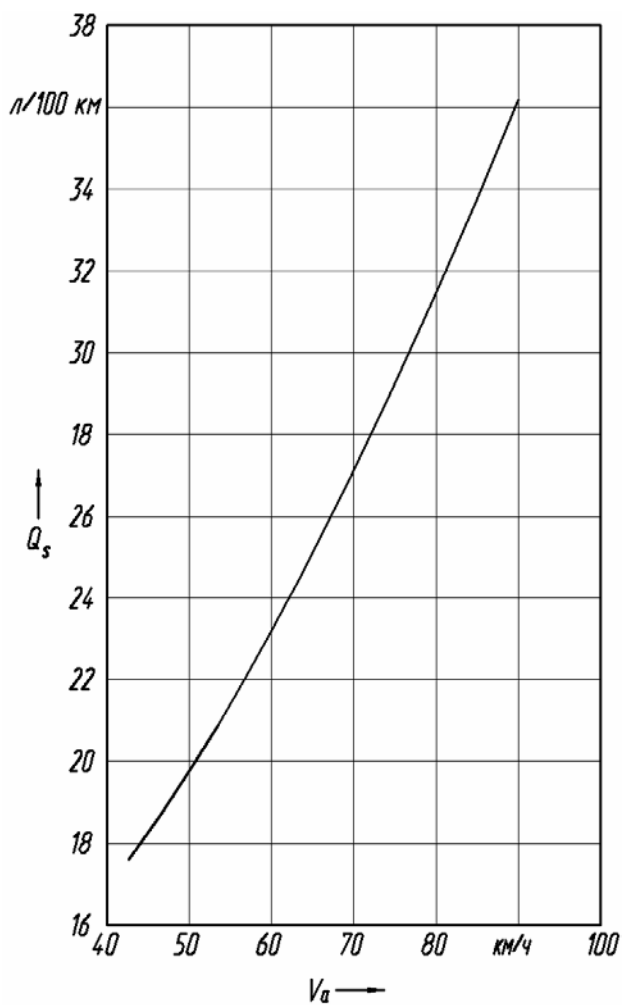


Рисунок А7 – Топливная характеристика установившегося движения