

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 Модернизация подвески задней оси автобуса МАЗ-105

Обучающийся

В.Ю. Михеев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

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

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

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

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

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

Аннотация

Дипломный проект посвящен модернизации конструкции задней подвески автобуса марки МАЗ-105 путем усиления продольных реактивных тяг. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения комфорта пассажиров и увеличения срока службы элементов ходовой части транспортного средства.

Целью работы является разработка конструктивных решений, направленных на снижение уровня колебаний кузова и повышение плавности хода автобуса. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- анализ существующих конструкций задних подвесок автобусов аналогичного класса;
- исследование динамики движения автобуса с целью выявления основных факторов, влияющих на устойчивость и комфорт пассажиров;
- разработка новой конструкции продольных реактивных тяг, обеспечивающей оптимальное распределение нагрузок между элементами подвески;
- проведение расчетных исследований прочности и жесткости модернизированной подвески;
- оценка эффективности предложенных изменений посредством моделирования эксплуатационных условий.

Полученные результаты позволяют утверждать, что модернизация задней подвески автобуса МАЗ-105 существенно улучшает динамические характеристики транспортного средства, повышает безопасность дорожного движения и продлевает срок эксплуатации автомобиля. Предложенное техническое решение рекомендуется к внедрению на предприятиях, занимающихся производством и обслуживанием автобусов указанной модели.

Abstract

The diploma project is devoted to the modernization of the rear suspension design of the MAZ-105 bus by strengthening the longitudinal jet rods. The relevance of the study is due to the need to improve passenger comfort and increase the service life of the vehicle chassis elements.

The purpose of the work is to develop design solutions aimed at reducing the level of body vibrations and increasing the smoothness of the bus. To achieve this goal, the following tasks were completed:

- analysis of existing designs of rear suspensions of buses of a similar class;
- study of the dynamics of bus movement in order to identify the main factors affecting the stability and comfort of passengers;
- development of a new design of longitudinal jet rods that ensures optimal distribution of loads between suspension elements;
- conducting computational studies of the strength and rigidity of the modernized suspension;
- evaluation of the effectiveness of the proposed changes by simulating operating conditions.

The results obtained allow us to state that the modernization of the rear suspension of the MAZ-105 bus significantly improves the dynamic characteristics of the vehicle, increases road safety and extends the service life of the car. The proposed technical solution is recommended for implementation at enterprises engaged in the production and maintenance of buses of the specified model.

Содержание

Введение	6
1 Теоретические положения модернизации подвески задней оси автобуса МАЗ-105	8
1.1 Обзор конструкции подвески моста автобусов, грузовых автомобилей и специальной техники	8
1.2 Анализ конструкции подвески автобуса	10
1.3 Анализ конструкции и виды балок мостов автобуса	17
2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса МАЗ-105	20
2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства	20
2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя	21
2.3 Тяговый расчет транспортного средства	23
2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства	25
2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах	27
2.6 Определение силы сопротивления дороги	28
2.7 Определение силы сопротивления воздуха	29
2.8 Определение силы инерции	31
2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля	32
2.10 Определение критической скорости	33
3 Конструкторский раздел дипломного проекта	36
3.1 Расчет основных конструктивных и геометрических параметров задней оси	36
3.2 Расчет упругого пневматического элемента для задней подвески автобуса и расчет его основных параметров	42
3.3 Расчет амортизатора и деталей подвески	50
4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса	57

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку	57
4.2 Разработка технологической карты процесса сборки подвески	59
5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки	62
5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования	62
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования	65
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	69
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	67
5.5 Обеспечение экологической безопасности	72
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	74
6.1 Описание участка и производимых работ	74
6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке	75
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке	77
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки	79
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала	81
Заключение	85
Список используемой литературы и используемых источников	89

Введение

В современных условиях развития автомобильного транспорта, характеризующегося ростом грузоподъемности, повышением средних скоростей и усложнением профиля автомобильных дорог, особенно горных и холмистых, всё более остро встаёт задача повышения комфортности и безопасности пассажирских перевозок автобусами большой и особо большой вместимости.

Актуальность совершенствования конструкций транспортных средств, в частности, повышения комфортабельности и управляемости автобусов, обусловлена постоянно растущими требованиями к безопасности и удобству пассажирских перевозок. Одним из ключевых элементов, влияющих на плавность хода и устойчивость автобуса, является подвеска. Настоящий дипломный проект посвящен модернизации подвески задней оси автобуса МАЗ-105 с целью повышения ее эффективности и комфортабельности.

Автобус МАЗ-105 использует зависимую подвеску задней оси, что является характерной чертой многих грузовых автомобилей и автобусов старой конструкции. Рассмотрим подробнее конструктивные особенности подвески.

Оба колеса задней оси жестко связаны между собой балкой моста. Это означает, что вертикальное перемещение одного колеса неизбежно повлияет на вертикальное перемещение другого. Основным элементом подвески являются продольно расположенные полуэллиптические рессоры. Они обеспечивают упругую связь между балкой моста и рамой автобуса. Рессоры гасят колебания, возникающие при движении по неровностям дороги. Для ограничения перемещения моста в продольном направлении используются реактивные тяги. Они крепятся к раме и балке моста, предотвращая чрезмерные смещения и обеспечивая устойчивость. Это важный элемент, который часто становится объектом модернизации для повышения комфорта. Гидравлические амортизаторы устанавливаются параллельно рессорам. Они гасят колебания, снижая раскачку и повышая плавность хода, но не являются основным элементом упругости. В некоторых модификациях могут быть установлены

дополнительные гасители колебаний, которые работают совместно с амортизаторами для улучшения демпфирования.

В качестве основного направления модернизации выбрано усиление продольных реактивных тяг задней подвески. Известно, что существующая конструкция подвески МАЗ-105, несмотря на свою надежность, имеет определенные недостатки, проявляющиеся в значительной раскачке кузова и недостаточной плавности хода, особенно при движении по неровным дорогам. Усиление продольных реактивных тяг позволит снизить амплитуду колебаний кузова, уменьшить крены и улучшить управляемость автобуса.

Цель данного дипломного проекта – разработка и обоснование конструкции модернизированных продольных реактивных тяг для задней подвески автобуса МАЗ-105, обеспечивающих повышение плавности хода и снижение раскачки. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующей конструкции задней подвески автобуса МАЗ-105 и выявить ее недостатки;
- разработать конструкцию усиленных продольных реактивных тяг с учетом требований прочности и надежности;
- провести расчет прочности и жесткости модернизированных реактивных тяг с использованием методов компьютерного моделирования;
- оценить влияние модернизации на динамические характеристики автобуса;
- разработать рекомендации по внедрению предложенных изменений в серийное производство.

Результаты данной работы могут быть использованы для повышения комфорта и безопасности пассажирских перевозок, а также для улучшения эксплуатационных характеристик автобуса МАЗ-105.

1 Теоретические положения модернизации подвески задней оси автобуса МАЗ-105

1.1 Обзор конструкции подвески моста автобусов, грузовых автомобилей и специальной техники

Подвеска МАЗ-105 – это классическая зависимая конструкция, обеспечивающая достаточную грузоподъемность и надежность, но имеющая недостатки в плане комфортабельности. Модернизации часто направлены на улучшение именно этого аспекта, например, за счет изменения параметров пневматических элементов, установки дополнительных гасителей колебаний или усиления реактивных тяг. Рассмотрим различные типы и конструктивные особенности подвесок, применяемых в грузовых автомобилях и автобусах.

Подвеска является важнейшим элементом конструкции транспортного средства, обеспечивающим комфорт пассажиров, сохранность груза и устойчивость движения. Рассмотрим различные типы подвесок, применяемых в современных транспортных средствах, уделяя особое внимание пневмоподвескам.

Классификация подвесок производится по ряду признаков. По типу упругих элементов. Различают два вида подвесок.

«Зависимые подвески, в которых основным признаком является то, что все элементы кузова жестко связаны между собой, обеспечивая стабильность автомобиля даже при неровностях дороги. Примеры: рессорная, пружинная, торсионная подвески.» [19]

Независимые подвески, в которых каждое колесо имеет свою собственную систему амортизации, улучшая управляемость и плавность хода. Примеры: Макферсон, многорычажная, двухрычажная подвески. Данный тип подвесок на автобусах и грузовых автомобилях применяется крайне ограниченно, ввиду большей сложности конструкции.

По расположению направляющих устройств различают два основных типа конструкции подвески: продольно-направленные, в которых оси вращения расположены вдоль продольной оси автомобиля и поперечно-направленные, когда оси вращения располагаются поперек автомобиля.

Автобусные транспортные средства характеризуются высокой массой и необходимостью обеспечивать комфорт пассажиров. Наиболее распространенными являются следующие виды подвесок:

- рессорная подвеска: используется в городских и пригородных автобусах;
- пневматическая подвеска: обеспечивает высокую плавность хода и позволяет регулировать высоту дорожного просвета. Применяется в туристских и магистральных автобусах.

Примером успешной реализации пневматической подвески служит автобус МАЗ-105, оснащенный системой Pneumatic Suspension System (PSS), включающей пневмоэлементы и электронные системы управления. Эта конструкция обеспечивает оптимальную работу подвески независимо от загрузки и условий эксплуатации.

Грузовая техника предъявляет повышенные требования к прочности и надежности подвески. Основные типы используемых подвесок включают:

- зависимая рессорная подвеска: простая и надежная, применяется в большинстве грузовиков средней грузоподъемности;
- торсионная подвеска: обладает хорошими характеристиками долговечности и ремонтпригодности;
- пневматическая подвеска: активно внедряется благодаря своим преимуществам в плане комфорта и стабильности нагрузки.

Особое внимание уделяется балансировке нагрузки на ось, обеспечению оптимального распределения веса и повышению устойчивости при движении по плохим дорогам.

Рассмотрим подробнее конструкцию пневматической подвески, используемой в автобусе МАЗ-105. Она состоит из следующих основных компонентов:

- пневмоэлементов, которые служат основными упругими элементами, воспринимающими нагрузку;
- амортизаторов, которые гасят вертикальные колебания, стабилизируя движение;
- электронных датчиков и контроллеров, отвечающих за регулировку давления воздуха в пневмоэлементах, поддерживая заданную высоту кузова над дорогой.

Преимуществами подобной конструкции является высокая степень адаптации к изменениям нагрузки, возможность регулировки высоты кузова, улучшение плавности хода и снижение утомляемости водителя и пассажиров.

Таким образом, применение пневматических подвесок становится всё более актуальным решением для транспортной отрасли, позволяя повысить безопасность, эффективность и комфортабельность перевозок.

1.2 Анализ конструкции подвески автобуса

Подвеска является одним из важнейших элементов транспортного средства, обеспечивающим комфорт пассажиров, безопасность движения и долговечность самого автомобиля. От качества её конструкции зависят такие характеристики, как плавность хода, устойчивость, управляемость и способность выдерживать значительные нагрузки. Особенно важна подвеска автобусов, поскольку именно этот вид транспорта перевозит большое количество пассажиров, часто работает в условиях интенсивного городского трафика и испытывает высокие динамические воздействия.

Целью анализа конструкции подвески автобуса является оценка эффективности существующих решений, выявление возможных недостатков и определение направлений совершенствования конструкций с целью повышения

надёжности, долговечности и комфорта эксплуатации. Данный раздел дипломного проекта посвящен исследованию особенностей конструктивных схем подвесок современных городских автобусов, оценке их эксплуатационных характеристик и разработке рекомендаций по улучшению технических показателей.

Рассмотрим патент RU 2 245 812 С1 К17/24 «Колесная тележка автобуса» (рисунок 1).

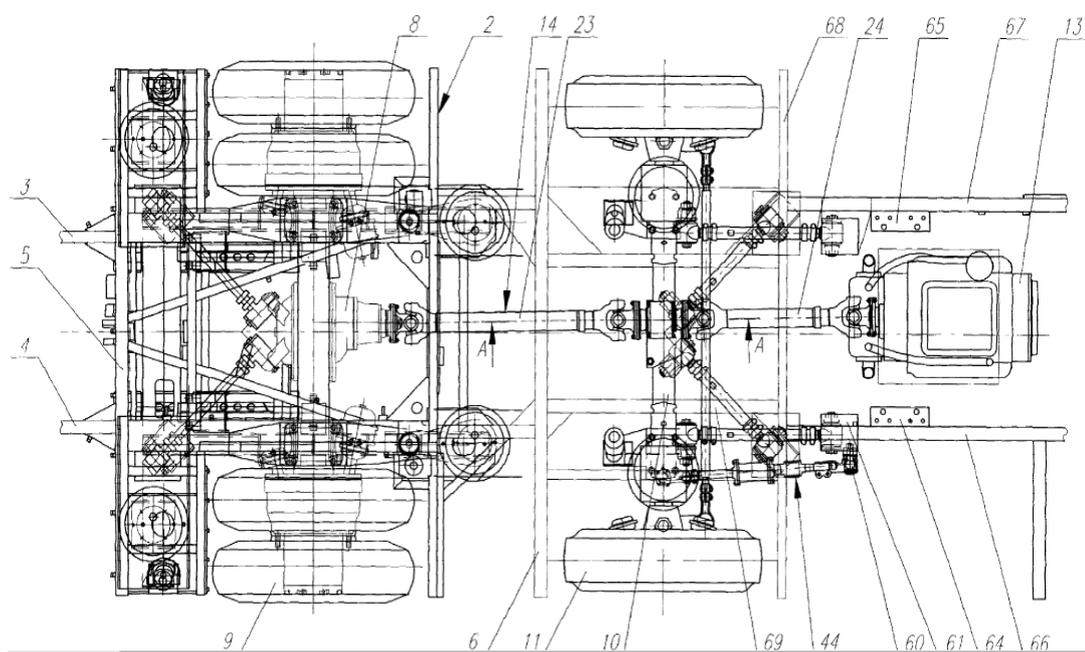


Рисунок 1 – Колесная тележка автобуса по патенту RU 2 245 812 С1 К17/24

«Характеристики такого набора производительности приведены в описании автобуса. Обеспечение размещения опорной опоры, подвески существующих элементов на колесной балке и надежности моста, ведущего к ведущим колесам трансмиссии, креплением их к колесной балке на разных уровнях. Кронштейн расположен по диагонали на пластинах в виде диагонального стыка, под которым расположен ребристый П-образный горизонтальный профиль, врезка которого вставляет в них этот стык, состоящий из упругой втулки. Промежуточными опорами корпуса являются крепления из

стыков сборного кронштейна, фланцевого с пластиной, снабженной пластиной. Например, различные отмеченные балки поддерживаются сбоку с помощью крепежа с винтами. Промежуточный вал за отверстием оснащен карданным валом промежуточного вала.» [10]

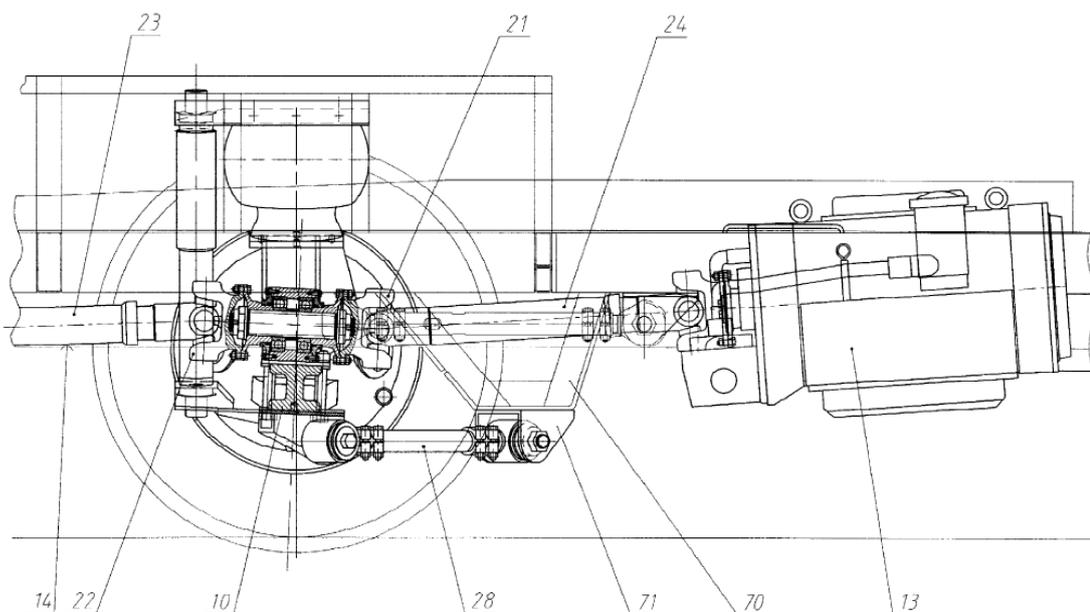


Рисунок 2 – Задняя подвеска автобуса

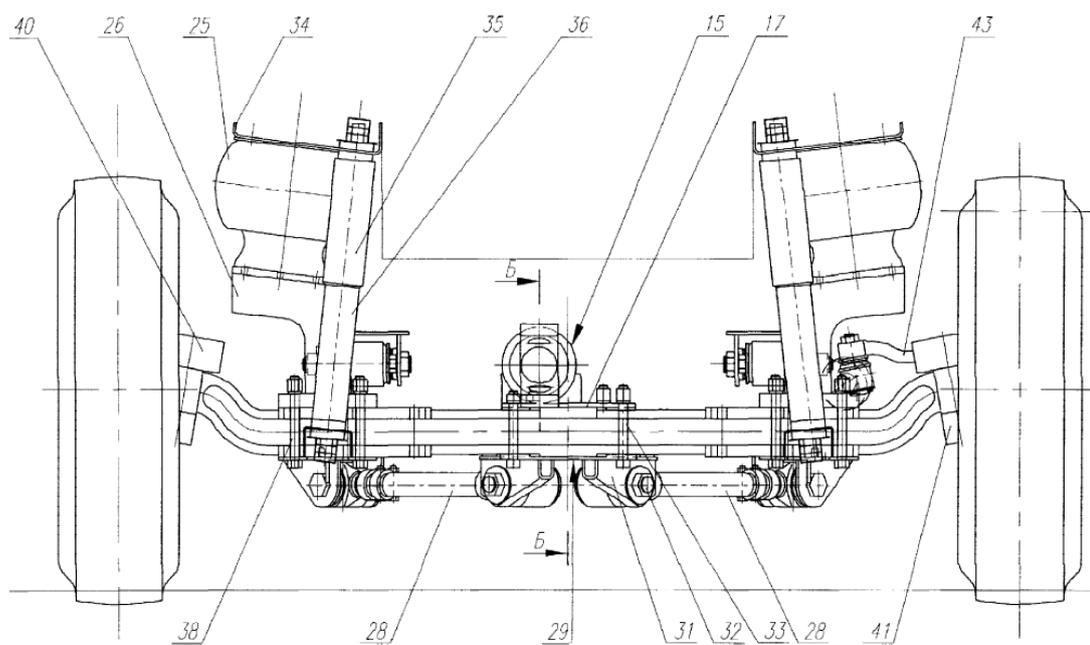


Рисунок 3 – Балка промежуточной оси автобуса

«Вал 15 крепится к корпусу карданной передачи 16 (рисунок 2) фланцем 17, поверх которого крепится колесная балка 10 (рисунок 3). В корпусе имеется 16 пазов 18, куда устанавливается шарикоподшипник 19, промежуточный вал соединен карданами 20, главные шарниры 21, 22 другими валами 23, 24 карданами.» [20]

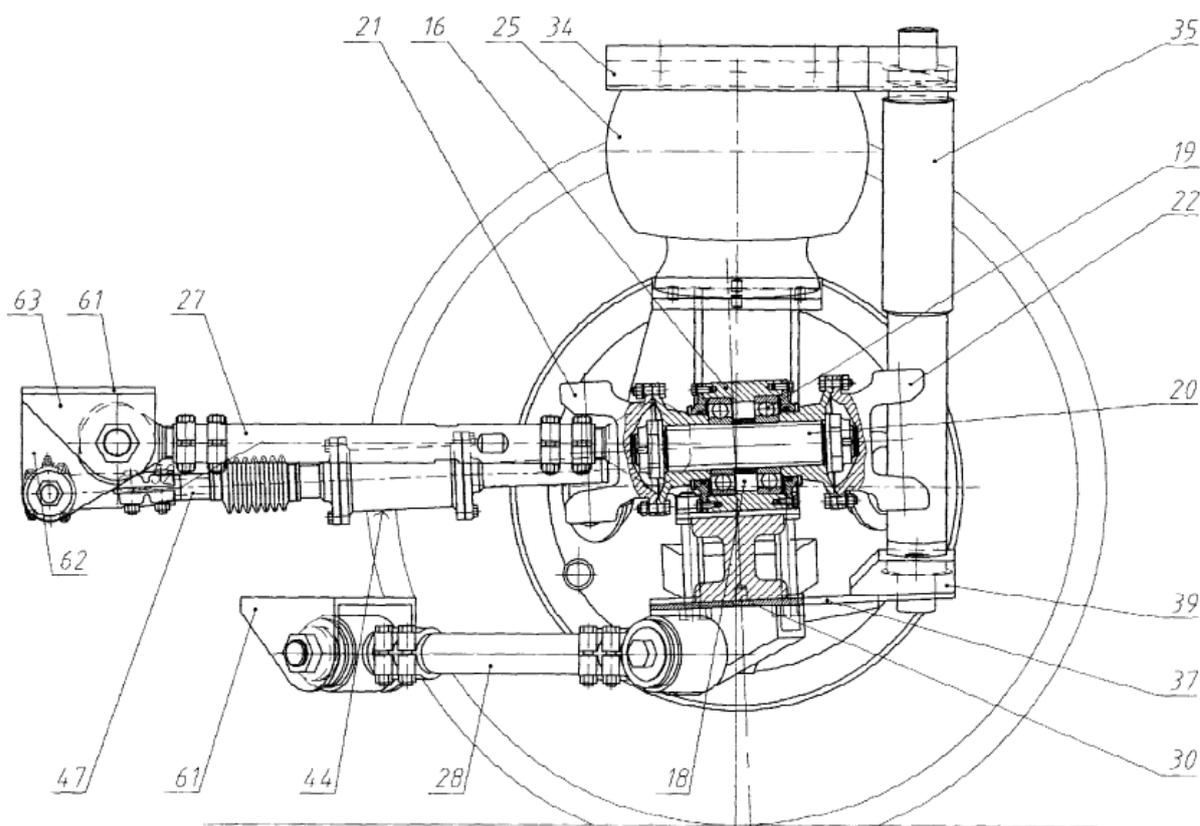


Рисунок 4 – Поперечный разрез балки промежуточной оси автобуса

«Пневматическая подвеска смонтирована на колесной балке 10, в состав которой входят пневмоцилиндры в виде упругих элементов 25, кронштейны 26, направляющее устройство, закрепленное на балке 10, шарнирная рама 1 продольной тяги 27 (рисунок 4), комбинированный шарнирный пневмобаллонный кронштейн 26. и шарнирно-сочлененной цапфы 28 продольной оси. Криволинейный вал 28 соединен с шарнирной скобой 29, расположенной на балке 10 под колесом, а под ней промежуточная опора 15

соединена с корпусом 16 карданной передачи 14 посредством скоб 16 29. Кронштейн 29 выполнен в виде 28 пластин 30 с криволинейными валами, в которых расположены горизонтальные диагональные гребни П-образного профиля 31, их вставные пальцы 32 прикреплены к ним шарниром, состоящим из упругой втулки.» [12], [13]

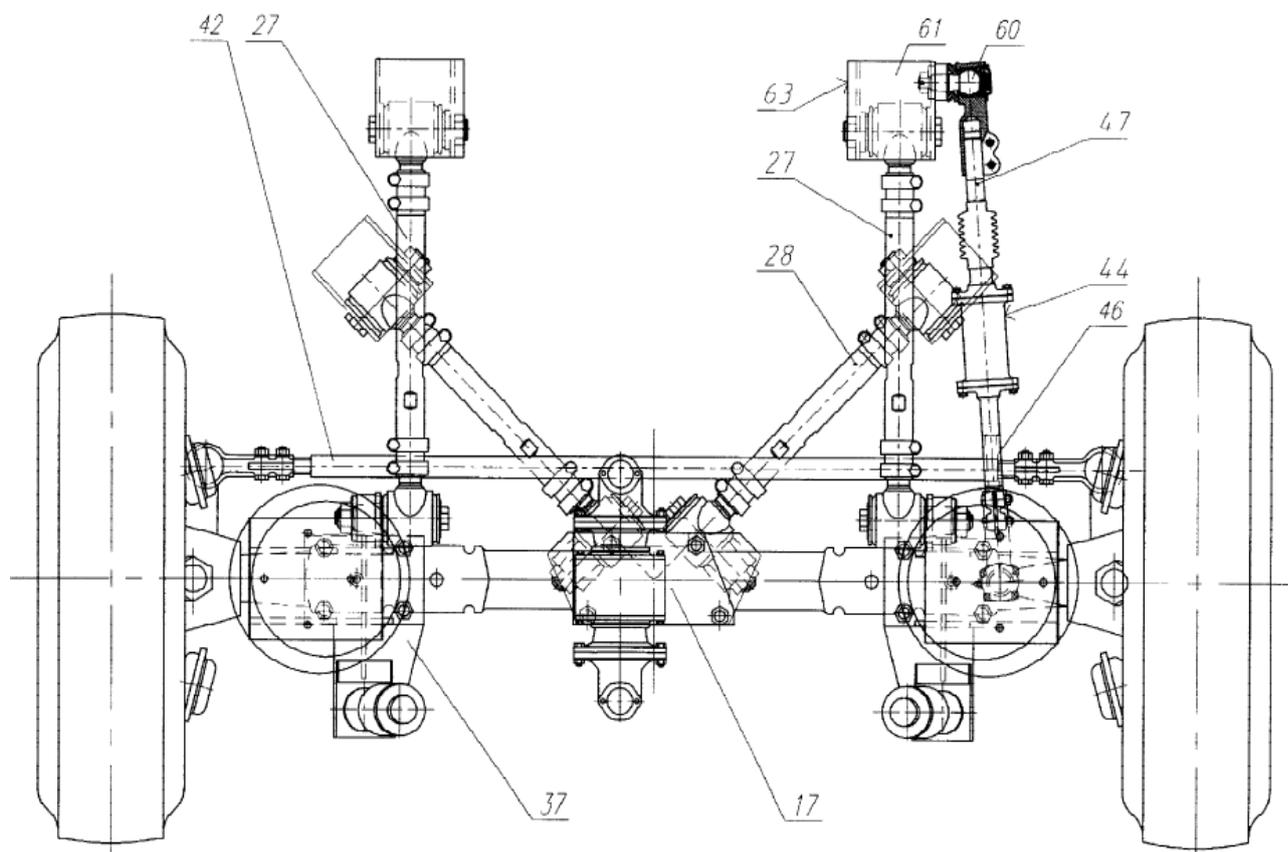


Рисунок 5 – Опора колес и карданный привод

«Верхние опоры связаны пневмоцилиндрами 34 (рисунок 5), гидравлическими телескопическими амортизаторами 35 штоками. Корпус 36 снабжен каждым амортизатором, пластины 37 размещены в виде собственной опоры, пневмоцилиндры 10 соединены с нижней колесной балкой 26 нижним кронштейном 26. Крепление элементов 38, 10 колес балки выполнено через различные вертикально расположенные пазовые профили. На пластинах 37 сварными швами закреплены прижимные гвозди 39, которые соединены с корпусом амортизаторов 35.» [12]

«Колеса установлены на 11 опорных балках с 10 поворотными шкворнями 40, 41, соединенными с колесной балкой посредством шарнирного шарнирного соединения на 10 бар. Пальцы 40, 41 соединены друг с другом двумя самоходными колесами 11 с горизонтальными фиксаторами 42. К цапфе 43 крепятся поворотные кулаки 41, соединенный с ними телескопический пружинный механизм 44, предназначенный для улучшения управления автобусом, рисунок 26. Пружинный механизм состоит из 46 и 47 сжатых трубчатых стержней с 45 возвратно-боевыми пружинами.

Шток соединен с плавающим кулачком 43 шаровыми шарнирами из 46. К штанге прикреплены 46 неподвижных элементов 49, неподвижные фланцы 48, барабан 50 цилиндрического корпуса. Между барабанами 50 закреплены диски 51 и 52 с предварительно сжатой пружиной 45. Диск размещен на 48 из 51 фланца. Другой диск 52 имеет 53 фланца, 53 составных крепежа 54 и барабан 50.» [7]

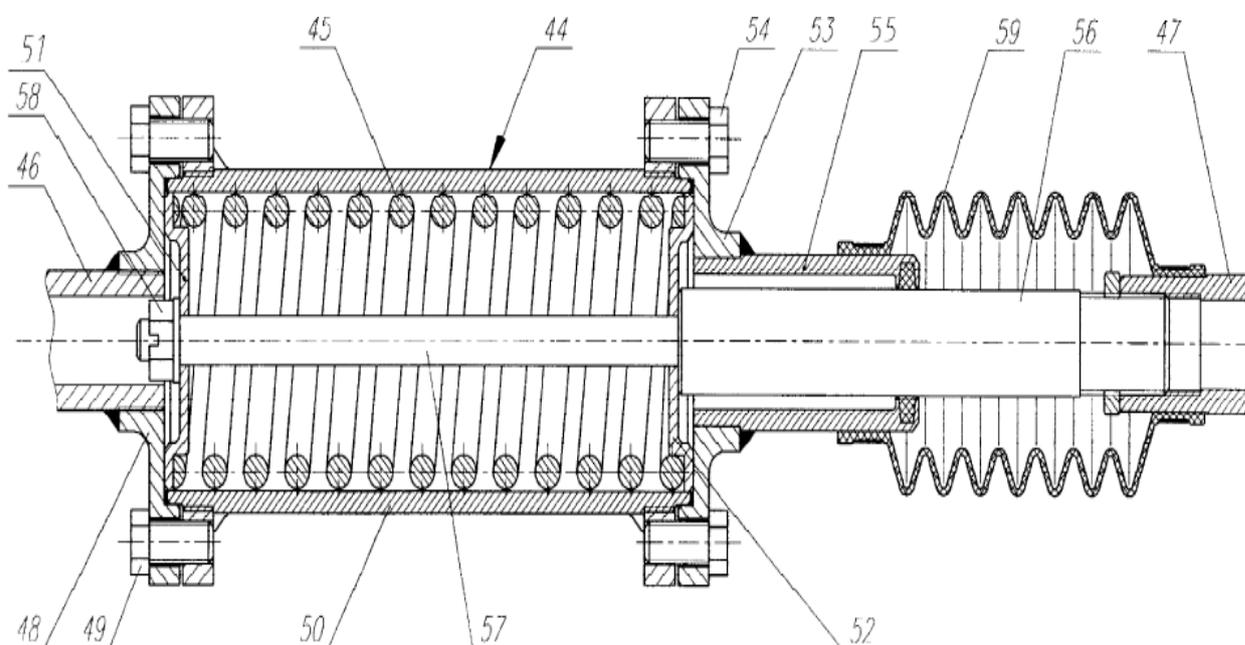


Рисунок 6 – Компенсационный механизм

«Фланец 53 трубчатого стержня 55 трубчатой части, содержащий клеевой элемент 56, закреплен на стержне 56 (рисунок 6). Части трубы прикреплены к стержню 57 концами, образующими стержни 56. Концы стержней 57 расположены на дисках 51 и 52 с 47 центральными канавками. Резьба на концевом участке наконечник 57 расположен примерно на приводе 51 в виде опорной гайки 58 с отверстиями 46, размещенными внутри стержня. Хвостовик 55 скреплен фланцем 53 из гибкого материала 53 и стержнем 47 с манжетой из гибкого материала, контактный хвостовик 55 закрыт 56 трубчатой частью 56.» [8], [12]

Таким образом, проведённый анализ конструкции подвески современного автобуса позволил выявить ряд ключевых аспектов, влияющих на эффективность и надежность функционирования транспортных средств подобного класса. Основные выводы исследования заключаются в следующем:

- анализ различных типов подвесок показал преимущества независимых и полунезависимых схем, обеспечивающих лучшую плавность хода и меньшую нагрузку на кузов;
- выявлены недостатки некоторых распространённых конструкций, такие как низкая износостойкость отдельных компонентов и недостаточная адаптивность к дорожным условиям;
- определены направления дальнейшего развития конструкций подвесок — внедрение новых материалов, улучшение демпфирующих свойств и применение интеллектуальных систем управления подвеской.

Полученные результаты имеют практическое значение для инженеров-конструкторов и производителей комплектующих деталей, способствуя повышению безопасности и комфортабельности перевозок пассажиров городским транспортом.

1.3 Анализ конструкции и виды балок мостов автобуса

Балка моста является важнейшим элементом шасси любого транспортного средства, включая автобусы. Она обеспечивает прочность, жёсткость и стабильность конструкции, воспринимая и распределяя вертикальные, горизонтальные и крутильные нагрузки, возникающие при движении. От правильного выбора типа балки моста зависит ресурс всего транспортного средства, уровень шума и вибрации, расход топлива и общая экономичность эксплуатации.

Автобусы эксплуатируются в сложных дорожных условиях, особенно городские модели, испытывающие частые остановки и ускорения, повышенные статические и динамические нагрузки. Именно поэтому конструкция и выбор вида балки играют ключевую роль в обеспечении долговечности, надежности и экономической целесообразности автобусов.

Целью настоящего раздела дипломного проекта является изучение различных видов конструкций балок мостов автобусов, проведение сравнительного анализа их преимуществ и недостатков, а также разработка предложений по оптимизации конструкции с учётом специфики российских условий эксплуатации.

«Прицепы и полуприцепы имеют балку с цапфами по краям, приваренные кронштейны под рессоры, фланцы для тормозных механизмов, а мосты многоосных тележек кронштейны для реактивных штанг.» [4]

Для изготовления балок используют круглую или квадратную трубу. Цельнотянутая труба из стали 35 обрабатывается только по торцам и затем приваривается к цапфам.

В горизонтальной плоскости усилия на балку примерно в 2 раза меньше, чем в вертикальной, поэтому было бы правильно применять балки прямоугольного сечения, имеющего большую вертикальную сторону.

На рисунке 7 приведены виды сечений балок мостов для прицепов. Балки I-III выполнены из труб с приваренными цапфами, цапфы балки IV получены

обжатию концов трубы; балки VI, VII и IX выполнены калибровкой из труб круглого сечения; двутавровая балка VIII - штампованная.

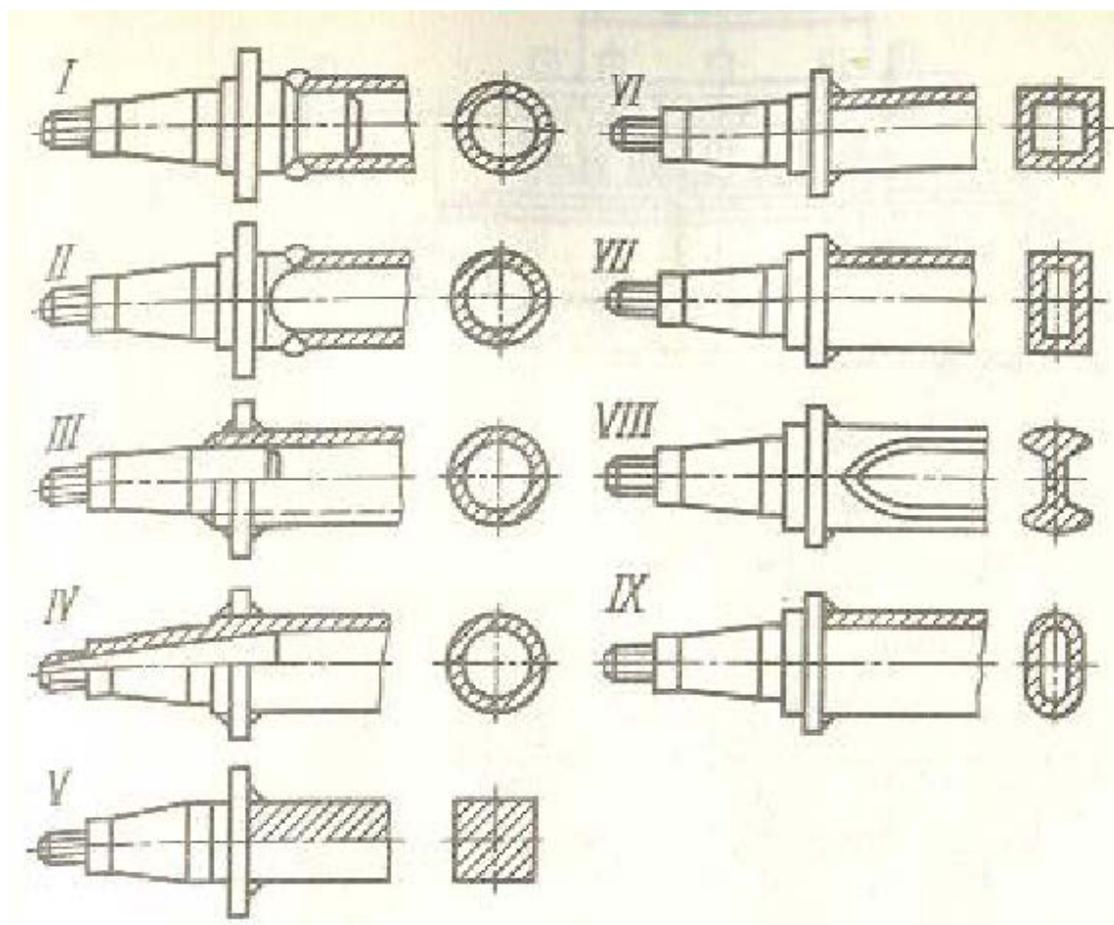


Рисунок 7 – Виды сечений балок поддерживающих мостов

«С учетом постоянно растущих требований к пассажирскому транспорту в части экологичности, энергоэффективности и комфортности, поиск и внедрение новых решений в области подвески является неотъемлемой частью процесса разработки и модернизации автобусов.» [6]

По результатам проведения работы в рамках первого раздела дипломного проекта, сделаны следующие выводы. Проведён детальный обзор существующих конструкций подвесок автобусов, грузовых автомобилей и специальной техники, выявивший различные подходы к решению проблем улучшения устойчивости, снижения вибраций и увеличения ресурса узлов

подвески. Произведён тщательный анализ конструкции подвески заднего моста автобуса МАЗ-105, выявлены сильные стороны существующей схемы и определены узкие места, ограничивающие возможности дальнейшей модернизации. Проанализированы различные типы балок мостов автобусов, определено влияние их конструктивных особенностей на поведение транспортного средства в процессе эксплуатации.

Обоснованы перспективы применения модернизированных вариантов подвесок, позволяющих повысить срок службы основных элементов ходовой части, снизить затраты на обслуживание и ремонт, увеличить пассивную безопасность и комфорт пассажиров.

Для продолжения работ рекомендуется сосредоточить внимание на внедрении новейших технологий производства упругих элементов и амортизаторов, применении инновационных конструкционных материалов, оптимизациях расчётных моделей и методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия подвески с дорогой.

2 Расчет тягово-экономических характеристик автобуса МАЗ-105

2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства

«Тяговые расчеты являются неотъемлемой частью проектирования и оценки работоспособности транспортных средств, в частности автобусов. Цель тягового расчета заключается в определении мощности двигателя, передаточных чисел трансмиссии, коэффициентов сопротивления движению и динамики разгона, необходимых для обеспечения заданных требований по скорости, ускорению и проходимости.» [3]

Автобус МАЗ-105 предназначен для перевозки большого количества пассажиров в городском цикле, что предъявляет особые требования к характеристикам его силовой установки и трансмиссии. Тщательно выполненный тяговый расчет позволяет выбрать оптимальный двигатель и подобрать подходящие передаточные числа коробки передач и главной передачи, обеспечивая таким образом необходимую динамику и топливную экономичность.

Настоящий раздел дипломного проекта посвящён выполнению тягового расчёта автобуса МАЗ-105 с использованием теоретических подходов и методики расчетов, применяемых в автомобилестроении. Это позволит обосновать техническую возможность реализации заявленных скоростных и динамических характеристик автобуса, определить резервы для его усовершенствования и предложить рекомендации по совершенствованию конструкции силового агрегата и трансмиссионных механизмов. Расчет производится на основании данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для тягового расчета

Параметры	Значение параметров
Длина/Ширина/Высота, мм	12410 / 2500 / 2880 (2938 по кондиционеру)
Количество/ширина дверей, мм	1 / 1325
Высота потолка в салоне, мм	2200...2300
Тип кузова	Низкопольный, несущий, цельнометаллический, вагонной компоновки
Масса снаряженная/технически допустимая, кг	10500 / 18000
Нагрузка на переднюю/заднюю ось от технически допустимой массы, кг	6500 / 11500
Тормозная система	Пневматическая, двухконтурная, с ABS, ASR
Вентиляция	Естественная и принудительная
Шины	275 / 70 R 22,5

2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

«Движение автомобиля происходит под воздействием сил и моментов, которые подразделяют на движущие и оказывающие сопротивление движению.»

[1]

«Основной движущей силой является крутящий момент на ведущих колесах в виде касательной реакция дороги на ведущее колесо автомобиля (тяговой силы P_m). Она обусловлена взаимодействием колеса с поверхностью дороги.

В расчете используются следующие обозначения параметров.

N_e – эффективная мощность;

M_e – эффективный момент;

n_e – частота вращения коленчатого вала;

На кривых N_e и M_e можно отметить четыре характерные точки:

a – минимально устойчивое число оборотов n_{min} вала двигателя;

b – максимальная мощность двигателя

c – максимальный крутящий момент M_{max}

d – максимальное число оборотов вала двигателя и, соответственно, максимальной скорости движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием. n_{max} » [2]

«При отсутствии экспериментальных данных пользуются эмпирическими зависимостями, позволяющими по известным координатам одной точки воспроизвести всю кривую мощности.» [1]

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

«где N_{max} и n_N – соответственно значение максимальной эффективной мощности, кВт, и соответствующее ему значение частоты вращения коленчатого вала, c^{-1} ;

N_e и n_e – текущие значения эффективной мощности, кВт и частоты вращения коленчатого вала, c^{-1} .

K – значение выражения в квадратных скобках.» [2]

«Минимальная частота вращения коленчатого вала двигателя принимается в пределах 7,8...13,0 с⁻¹, максимальная частота составляет 1,0 n_N для дизельных двигателей.» [1]

M_e – эффективный крутящий момент, Нм;

$$M_e = \frac{1000 \cdot N_e}{\omega} = \frac{159,24 \cdot N_e}{n_e} \text{ Нм} \quad (2)$$

«где $N_e = 132,4$ – эффективная мощность, кВт

ω - угловая скорость вращения вала двигателя, рад.с⁻¹

Расчет значений мощности и крутящего момента двигателя транспортного средства приводится в таблице 2.» [2]

Таблица 2 – Расчет мощности и крутящего момента

Параметры	Отношение частот вращения, ne/nN								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Частота вращения, ne, с ⁻¹	8,83	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
Коэффициент К	0,14	0,25	0,37	0,5	0,62	0,74	0,84	0,93	1
Эффективная мощность Ne, кВт	32	57,2	84,7	114,5	141,9	169,5	192,4	212,9	229
Эффективный момент, Me, Н.м	587	688,1	763,8	825,7	853,3	872,9	867	853,3	825,7

2.3 Тяговый расчет транспортного средства

«При движении автомобиля тяговая сила P_m на ведущих колесах затрачивается на преодоление сил сопротивления движению.

Уравнением тягового баланса автомобиля будет являться формула:» [1]

$$P_m = P_f + P_y + P_g \pm P_j \quad (3)$$

«где G – вес автомобиля,

$P_y (G \sin \alpha)$ – сила сопротивления подъему;

P_f – сила сопротивления качению;

P_σ – сила сопротивления воздуха;

P_j – сила инерции;

P_m – тяговая сила.» [1], [9]

Сумма сил сопротивления качению и сопротивлению подъема – сопротивлением дороги

$$P_\sigma = P_f + P_y, \quad (4)$$

Тогда уравнение тягового баланса будет иметь вид:

$$P_m = P_\sigma + P_\sigma \pm P_j \quad (5)$$

«При равномерном движении автомобиля отношение крутящего момента ведущих колес к их радиусу, при равномерном вращении колес, называют тяговой силой P_m .

Крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, при равномерном движении автомобиля:» [1]

$$M_m = M_e \cdot I_{mp} \cdot \eta_{mp}, \text{ Н.м,} \quad (6)$$

«где M_e – крутящий момент на первичном валу коробки передач, Нм,

I_{mp} – передаточное число трансмиссии,

η_{mp} – КПД трансмиссии.» [2]

Тяговая сила:

$$P_m = \frac{M_m}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_K} \quad (7)$$

где r_K – радиус колеса, м.

«Величина тяговой силы P_m на ведущих колесах автомобиля, необходимая для его движения, ограничивается сцеплением шин ведущих колес с поверхностью дороги.» [2]

Отсюда вытекает основное условие движения автомобиля:

$$P_{mc} \leq P_m \leq P_{сц} \quad (8)$$

«Под силой сцепления $P_{сц}$ понимают силу, противодействующую скольжению колес относительно поверхности дороги. Она равна силе трения, возникающей в месте контакта шины с дорогой. Величина силы сцепления зависит от нормального давления ведущих колес на дорогу и коэффициента сцепления φ :» [1]

$$P_{сц} = G' \cdot \cos\alpha \cdot \varphi, \quad (9)$$

где G' - вес автомобиля, приходящийся на ведущие колеса автомобиля, Н

2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства

«Общее передаточное число трансмиссии рассчитывается по формуле:

$$I_{mp} = I_{кп} \cdot I_{рк} \cdot I_{гп} \quad (10)$$

где I_{mp} - передаточное число трансмиссии,

$I_{кп}$ - передаточное число коробки передач,

$I_{рк}$ - передаточное число раздаточной коробки на высшей передаче,

$I_{гп}$ – передаточное число главной передачи.» [2]

В общем виде КПД трансмиссии автомобиля определяется как

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_{pk} \cdot \eta_k^i \cdot \eta_{gn}^j \quad (11)$$

«где η_{kn} – КПД коробки передач,

η_{pk} – КПД раздаточной коробки,

η_k – КПД карданного вала,

η_{gn} – КПД главной передачи,

i – количество карданных валов,

j – количество главных передач.

Значения величин коэффициентов полезного действия для различных узлов транспортного средства приводятся в таблице 3.» [10]

Таблица 3 – Значение КПД различных механизмов транспортного средства

Элементы трансмиссии	КПД
Коробка передач	0,96...0,98
Карданная передача	0,98
Главная передача	0,94...0,96

КПД трансмиссии:

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_k^2 \cdot \eta_{gn}^2 = \eta_{mp} = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,90 = 0,84$$

«Частоты вращения коленвала двигателя n_e и соответствующие им значения эффективных моментов M_e и определённые по формуле» [4]

$$P_m = \frac{M_m}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_K} \quad (12)$$

«Расчитанные значения силы тяги для каждой передачи транспортного средства P_{mj} заносим в таблицу 4.» [2]

Таблица 4 – Расчитанные значения силы тяги P_{mj}

Частота вращения n_e, c^{-1}	Расчетные значения						
	Me Н*М	P_{m1} Н	P_{m2} Н	P_{m3} Н	P_{m4} Н	P_{m5} Н	P_{m6} Н
8,83	578	65322	38098	23307	15865	10789	72489
13,24	688	77756	45231	27854	18876	12908	86287
17,66	764	86356	50203	30786	21145	144210	95789
22,08	826	93376	54245	33379	22897	155421	103567
26,5	853	96511	56123	34465	23490	160611	107031
30,91	873	98697	57432	35346	24113	164290	109521
35,33	867	98011	57025	35198	23908	163201	108841
39,74	853	96456	56167	34434	23621	160567	107111
44,16	826	93467	54378	33321	22811	155431	103521

2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах

«Динамический радиус колеса r_d – расстояние от дороги до оси катящегося колеса. Он увеличивается с увеличением внутреннего давления в шине. При возрастании скорости качения шина под действием центробежных сил растягивается в радиальном направлении и r_d увеличивается.

Учитывая, что значения обоих статического и динамического радиусов в нормальных условиях движения автомобиля мало отличаются друг от друга, их обычно принимают равными и обозначают r_k .

Радиус качения колеса r_k определяется измерением пути S_k , пройденного колесом за определенное число его оборотов n_k :

$$r_k = S_k / 2\pi \cdot n_k \quad (13)$$

$$r_k = 0,0127d + 0,0216B', \text{ м,}$$

$$r_k = 0,0127 \cdot 20 + 0,0216 \cdot 12 = 0,513, \text{ м}$$

где d – посадочный диаметр обода колеса и B' – ширина профиля шины в дюймах.» [1]

«Для определения скорости движения автомобиля используют формулу

$$V_i = 2\pi \cdot r_k \cdot n_e / I_{\text{тр}i}, \text{ м/с}, \quad (14)$$

где V_i – скорость движения автомобиля на i -ой передаче, м/с;

$I_{\text{тр}i}$ – передаточное число трансмиссии на i -ой передаче.» [3]

«Значения частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e и величины эффективного крутящего момента M_e (из таблицы 4), расчетные скорости движения автомобиля V_i на каждой передаче заносим в таблицу 5.» [2]

Таблица 5 – Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах

Частота вращения, $n_e, \text{ с}^{-1}$	Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах, м/с					
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
8,8	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,6
13,2	0,6	1	1,7	2,5	3,6	5,5
17,7	0,8	1,4	2,3	3,3	4,9	7,3
22,1	1,1	1,7	2,8	4,2	6,1	9,2
26,5	1,2	2,1	3,4	5	7,3	11
30,9	1,4	2,4	3,9	5,8	8,5	12,8
35,3	1,6	2,8	4,5	6,6	9,8	14,7
39,7	1,8	3,1	5,1	7,5	11	16,5
44,2	2	3,5	5,7	8,3	12,2	18,3

2.6 Определение силы сопротивления дороги

«Сумму сопротивлений качению и подъему автомобиля называют силой сопротивления дороги P_0 :

$$P_{\partial} = P_f \pm P_y = G \cdot \cos a \cdot f \pm G \cdot \sin a = G \cdot (f \cdot \cos a \pm \sin a). \quad (15)$$

где $G = 115 \text{ кН}$ – вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от номинальной, Н;

$f = 0,04$ – коэффициент сопротивления качения

Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автобуса согласно схемы движения автомобиля на участках I, II и III дороги сводим в таблицу 6.» [2], [11]

Таблица 6 – Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автобуса

Участок	Уклон, α , град	$P_{\partial 0}$	$P_{\partial 100}$
I	10	10,6	55,4
II	0	4,6	10,4
III	4	-15,4	-3,2

2.7 Определение силы сопротивления воздуха

«При движении автомобиль преодолевает сопротивление воздуха, которое складывается из нескольких сопротивлений. Передней частью автомобиля воздух сжимается и раздвигается, в то время как в задней части автомобиля создается разрежение, которое вызывает образование завихрений.

Наибольшая часть мощности при преодолении сопротивления воздуха затрачивается на образование воздушных вихрей. Если все сопротивление воздуха принять за 100%, то на образование воздушных вихрей будет приходиться примерно 60%. Около 25% составляет сопротивление, создаваемое передней и выступающими частями автомобиля (крылья, подножки и т. д.), а также сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор. Около 15% общего сопротивления воздуха приходится на трение поверхности автомобиля об обтекающие его слои воздуха.

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

$$P_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot F \cdot V^2, \quad (16)$$

где $K_{\text{в}}$ —коэффициент обтекаемости, принимается в соответствии со значениями по таблице 7.» [1]

Таблица 7 – Значения коэффициента обтекаемости

Автомобили	$K_{\text{в}}$, Н.сек ² /м ⁴
Легковые	0,15-0,35
Грузовые	0,6-0,7
Автобусы	0,3-0,4

«Принимаем по таблице коэффициент $K_{\text{в}}$ равный 0,65 Н·сек²/м⁴;

F —лобовая площадь автомобиля, м²;

V —скорость движения автомобиля в м/сек.

Произведение $K_{\text{в}} \cdot F$ принято называть фактором обтекаемости и обозначать W , тогда:» [1]

$$P_{\text{в}} = W \cdot V^2, \quad (17)$$

«Фактор обтекаемости определяет зависимость силы сопротивления воздуха от размеров и формы автомобиля.

Лобовую площадь грузового автомобиля с достаточной степенью точности можно вычислить по формуле

$$F = B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (18)$$

где H — наибольшая высота автомобиля, м,

B — колея автомобиля, м.

$$F = 1,97 * 2,49 = 4,9 \text{ м}^2$$

Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей движения автомобиля (8-10 значений) сводим в таблицу 8.» [2]

$$P_e = W \cdot V^2 = 0,6 * 4,9 * 5^2 = 73$$

Таблица 8 – Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей

Точки графика	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
$V, \text{ м/с}$	5	10	15	20	22	25	27	30
$P_e, \text{ Н}$	73	294	1177	1424	1839	2145	2648	3013

2.8 Определение силы инерции

«График тягового баланса строят на графике тяговой характеристики следующим образом:

На оси ординат отмечают значения $P_{\partial 100}$ и $P_{\partial 0}$ для каждого участка пути и из этих точек проводят тонкие горизонтальные линии. На этих линиях, как на осевых, строят кривые ветровой нагрузки. Таким образом силы сопротивления P_{∂} и P_e графически суммируются. Для наглядности кривые $P_{\partial 100} + P_e$ наносят сплошной линией, а $P_{\partial 0} + P_e$ пунктирной. Кривая $(P_{\partial} + P_e)$ определяет тяговую силу, необходимую для равномерного движения автомобиля в заданных нагрузочных и дорожных условиях. Эта сила тяги обеспечивается регулированием подачи топлива или изменением передаточного числа трансмиссии.

Если при определенной скорости автомобиля и передаче сила тяги больше суммарной силы сопротивления дороги и ветровой нагрузки (кривая P_m лежит выше кривой $P_{\partial} + P_e$), то для равномерного движения автомобиля нужно уменьшить подачу топлива настолько, чтобы тяговая кривая для этой скорости снизилась и пересекла кривую $(P_{\partial} + P_e)$ в точке, ордината которой

соответствует этой скорости. В этой точке $P_m = P_\delta + P_\epsilon$ – условие равномерного движения.

Точки пересечения кривых P_m и $(P_\delta + P_\epsilon)$ определяют максимальную скорость автомобиля на соответствующей передаче и на соответствующем участке пути. Эти значения сводятся в таблицу 9.» [2]

Таблица 9 – Максимальные скорости движения автомобиля на различных участках пути

Загрузка автомобиля, в %	Участки		
	I	II	III
100	3,3	12,8	14,0
0	11	16,0	11,3

2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля

«На основании уравнения тягового баланса автомобиля можно вывести следующее соотношение сил:

$$P_m - P_\epsilon = P_{cy} + P_j, \quad (19)$$

где P_j - сила сопротивления разгону.

Вместо P_{cy} и P_j подставим их значения, тогда» [1]

$$P_m - P_\epsilon = G_a \cdot \varphi + \delta j G_a / g, \quad (20)$$

«где δ – коэффициент учета вращающихся масс, который показывает, во сколько раз энергия, затраченная на разгон автомобиля больше энергии поступательного движения» [2]

$$\delta = 1,05 + 0,07 I_{kl}^2, \quad (21)$$

«где I_{kl} – передаточное число коробки передач;

j – ускорение автомобиля, м/с²,

φ – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги,

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 .

Разделим обе части уравнения на вес автомобиля G » [2]

$$(P_m - P_в) / G = \varphi + \delta j / g \quad (22)$$

«Отношение избыточной силы тяги ($P_T - P_B$) к весу автомобиля G называется динамическим фактором и обозначается буквой D

$$D = (P_m - P_в) / G \quad (23)$$

Результаты расчета представлены в таблице 10.» [1]

Таблица 10 – Расчет динамического фактора

Параметры	Частота вращения $n \text{ с}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
D1	0,25	0,29	0,33	0,34	0,37	0,38	0,377	0,371	0,36
D2	0,146	0,174	0,193	0,208	0,215	0,22	0,22	0,215	0,208
D3	0,089	0,107	0,118	0,128	0,133	0,135	0,135	0,132	0,128
D4	0,0614	0,073	0,0811	0,0876	0,0906	0,0926	0,092	0,0905	0,0876
D5	0,0418	0,0498	0,0552	0,0597	0,0617	0,0631	0,0627	0,0617	0,0596
D6	0,0279	0,0332	0,0368	0,0398	0,0411	0,042	0,0417	0,041	0,0396

2.10 Расчет и построение графиков времени и пути разгона

«Кривую ускорений разбивают на ряд одинаковых участков (кроме участков переключения передач), которые для удобства обозначают буквами а, б, в и т.д., и считают, что в каждом интервале скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением

$$J_{cp} = (J_{ин} + J_{ик}) / 2 \quad (32)$$

где $J_{ин}$ и $J_{ик}$ – ускорения, соответственно, в начале и в конце выбранного i -го участка (интервала скорости).

При изменении скорости от V_{in} до V_{ik} (от начальной до конечной в i -ом участке) среднее ускорение равно приращению скорости ΔV , деленному на время t_n движения на участке, т.е для участка a :

$$J_{cp} = (V_{ak} - V_{an}) / t_a \quad (33)$$

Следовательно, время разгона в том же интервале a скорости

$$t_a = (V_{ak} - V_{an}) / J_{cp} \quad (34)$$

«Определяем время разгона в тех же интервалах» [1]

$$t_a = (0.8-0,4) / 0.38 = 1.05 \text{ с } (V_{ak} - V_{an}) / J_{cp}$$

«Общее время разгона от минимально устойчивой скорости V_{min} (V_{an}) до конечной V_{max} (V_{yk}) получается суммированием времени разгона отдельных участках» [2]

$$T_p = t_a + t_b + \dots + t_n \quad (35)$$

«По значениям t , определяемым для различных скоростей строим кривую времени разгона, начиная строить ее от минимального значения V_{an} , для которого $t = 0$. Для скорости $V_{ak} = V_{bn}$ откладываем значение t_a , для скорости V_{bk} – значение $t_a + t_b$ и т.д. до первого переключения передач.» [1]

Тяговый расчёт проводился согласно общепринятым методикам оценки динамических характеристик транспортных средств, включая определение мощностных показателей двигателя, трансмиссии и колёсной базы транспортного средства.

Передаточные числа коробки передач и главной передачи: согласованы с рекомендациями производителя для оптимального распределения мощности и

снижения нагрузок на двигатель. Расчёт динамики движения показал, что автобус способен развивать максимальное ускорение порядка $0,45 \text{ м/с}^2$, что соответствует нормативам для городских автобусов подобного класса.

Динамические расчеты позволили определить максимальную скорость автобуса на высшей передаче – около 95 км/ч , что также соответствует техническим требованиям безопасности эксплуатации городского транспорта.

Рассчитаны величины необходимых запасов силы тяги, обеспечивающих уверенное преодоление подъёмов дороги с уклоном до $i=10\%$. Полученный коэффициент запаса $\varphi > 1,2$ свидетельствует о достаточной проходимости автобуса даже в условиях сложной дорожной обстановки.

Таким образом, проведённый тяговый расчёт подтверждает достаточность конструктивных решений автобуса МАЗ-105 для эффективного и безопасного передвижения в городском цикле эксплуатации. Результаты анализа позволят повысить надёжность и эффективность транспортного средства, а предложенные меры оптимизации способствуют снижению эксплуатационных затрат и повышению уровня комфорта пассажиров.

3 Конструкторский раздел дипломного проекта

3.1 Расчет основных конструктивных и геометрических параметров задней оси

Задняя подвеска играет ключевую роль в обеспечении плавности хода, устойчивости и управляемости транспортного средства. Правильный выбор материалов, грамотный расчет деталей подвески позволяют значительно увеличить срок службы изделия, снизить затраты на техническое обслуживание и обеспечить высокий уровень комфортабельности пассажирских перевозок.

Целью конструкторского раздела дипломного проекта является проведение расчетов основных деталей задней подвески автобуса марки МАЗ-105. Основными задачами являются:

- анализ действующих нагрузок на элементы подвески;
- определение прочностных характеристик ключевых узлов;
- выбор оптимальных конструкционных материалов и технологий изготовления;
- обоснование рекомендаций по повышению надежности и долговечности конструкции.

Проведение указанных мероприятий позволит создать технически обоснованную конструкцию задней подвески, способствующую эффективному функционированию автобуса МАЗ-105 в реальных дорожных условиях и удовлетворению требований потребителей.

Принимаем, как и в прототипе сечение корпуса балки прямоугольным.

«Предварительно размеры поперечного сечения в месте крепления рессоры можно определить по моменту сопротивления изгибу, определенному по эмпирической формуле

$$W = \frac{G_M l}{2600}; \quad (36)$$

где G_M - масса поддрессоренной части автомобиля, приходящаяся на мост, кг;

l – расстояние от центральной плоскости колеса до середины опорной площадки рессоры, см» [13]

$$W = \frac{9445 \cdot 75}{2600} = 170 \text{ см}^3.$$

Сторона квадрата сечения балки

$$B = \sqrt{\frac{W}{\frac{4}{3}s}}; \quad (37)$$

где s – толщина стенки профиля, принимаем $s=15$ мм;

$$B = \sqrt{\frac{170}{\frac{4}{3} \cdot 1,5}} = 11,7 \text{ см} = 117 \text{ мм}.$$

Принимаем $B=140$ мм.

«При прямолинейном движении автобуса балка моста (рисунок 8) изгибается в вертикальной плоскости под воздействием нормальных реакций дороги R_{z1} и R_{z2} на ведущие колеса.

Изгибающий момент в вертикальной плоскости

$$M_B = R_{z1}l = R_{z2}l, \quad (38)$$

где R_{z1} - нормальные реакции дороги от нагрузки G_2 на ось равны

$$R_{z1} = R_{z2} = \frac{m_2 G_M g}{2}; \quad (39)$$

где $m_2 = 1,1$ – коэффициент перераспределения нагрузки по мостам;

l – плечо изгиба;» [17]

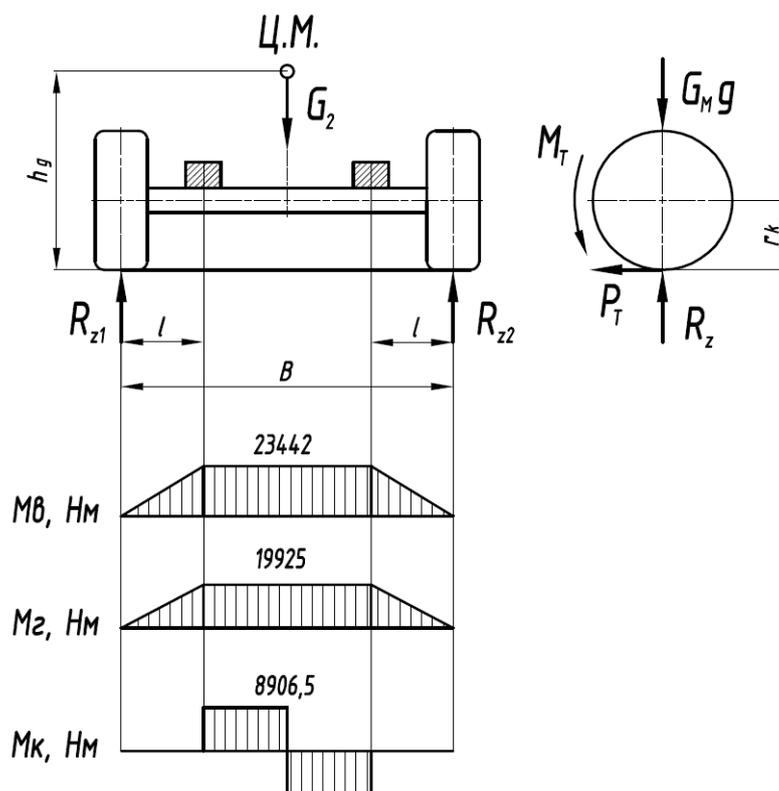


Рисунок 8 – Расчетная схема балки моста автобуса

$$R_{z1} = R_{z2} = \frac{1,1 \cdot 9445 \cdot 9,81}{2} = 50960 \text{ Н};$$

$$M_B = 50960 \cdot 0,46 = 23442 \text{ Нм.}$$

«Кроме того, под действием тяговой силы P_T балка ведущего моста испытывает статическую нагрузку и изгибается также в горизонтальной плоскости. Изгибающий момент в горизонтальной плоскости

$$M_T = P_{T1} l = P_{T2} l; \quad (40)$$

$P_{T1} = P_{T2}$ - тяговые силы на ведущих колесах

$$P_{T1} = P_{T2} = \varphi R_{z1} = \varphi R_{z2}; \quad (41)$$

$\varphi = 0,8 - 0,9$ - коэффициент сцепления шин с дорогой;» [17]

$$P_{T1} = P_{T2} = 0,85 \cdot 50960 = 43316 \text{ Н};$$

$$M_{\Gamma} = P_{T1} l = 43316 \cdot 0,46 = 19925 \text{ Нм.}$$

«Кроме изгибающих моментов на балку ведущего моста действует крутящий момент

$$M_{кр} = P_{T1} r_k = P_{T2} r_k, \quad (42)$$

где r_k – радиус ведущих колес;

$$M_{кр} = 19925 \cdot 0,447 = 8906,5 \text{ Нм.}$$

В балке ведущего моста наиболее опасными местами являются обычно сечения под площадками для крепления пружин (рессор).

Суммарный результирующий момент от изгиба и кручения в опасном сечении балки моста» [13]

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_B^2 + M_{\Gamma}^2 + M_{кр}^2}; \quad (43)$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{23442^2 + 19925^2 + 8906,5^2} = 32029 \text{ Нм.}$$

Момент сопротивления квадратного сечения

$$W = \frac{4}{3} B^2 s; \quad (44)$$

$$W = \frac{4}{3} \cdot 140^2 \cdot 15 = 392000 \text{ мм}^3.$$

Результирующие напряжения от изгиба и кручения для трубчатого круглого сечения

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{M_{\Sigma}}{W}; \quad (45)$$

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{32029 \cdot 10^3}{392000} = 81,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 300 \text{ МПа}.$$

Для ступицы колеса принимаем два роликовых конических подшипника №7220 у которых динамическая грузоподъемность $C=185000$ Н, статическая $C_0=146000$ Н, коэффициент осевого нагружения $e=0,4$, коэффициент осевой нагрузки $Y=1,49$, наружный диаметр $D=180$ мм, внутренний $d=100$ мм, ширина $T=37$ мм.

«На подшипники действует нормальные реакции дороги $R_{z1} = 50960$ Н и нормальная реакция опорной реакции при заносе

$$R_{y1} = 0,5G_M(1 + 2\varphi H/B); \quad (46)$$

H – высота расположения центра тяжести;

B – ширина колеи» [4]

$$R_{y1} = 0,5 \cdot 9445 \cdot \left(1 + 2 \cdot 0,9 \cdot \frac{700}{1825}\right) = 7983 \text{ Н}.$$

Определяем соотношение

$$\frac{R_{y1}}{VR_{z1}} = \frac{7983}{1,2 \cdot 50960} = 0,13 < 0,4, \quad \text{следовательно } X = 1, Y = 0,$$

$V=1$ – коэффициент вращения (вращается внутреннее кольцо подшипника).

Расчет ведем при скорости движения $V=50$ км/ч= $13,89$ м/с, тогда частота вращения колеса

$$n = \frac{60V}{\pi(2r_k)}; \quad (47)$$

$$n = \frac{60 \cdot 13,89}{3,1416 \cdot 2 \cdot 0,447} = 296,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Эквивалентная нагрузка

$$P_E = (XVR_{z1} + YR_{y1})k_B k_T; \quad (48)$$

где - k_B – коэффициент безопасности;

k_T – температурный коэффициент;

$$P_E = (1 \cdot 1,2 \cdot 50960 + 0 \cdot 7983) \cdot 1,5 \cdot 1 = 91728 \text{ Н.}$$

Долговечность комплекта подшипников

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{1,712C}{P_E} \right)^{10/3}; \quad (49)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 296,7} \left(\frac{1,712 \cdot 185000}{91728} \right)^{10/3} = 34949 \text{ ч.}$$

Долговечность подшипника в километрах пробега

$$S = 6,2893r_k \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}}; \quad (50)$$

$$S = 6,2893 \cdot 0,447 \cdot \left(\frac{1,712 \cdot 185000}{91728} \right)^{\frac{10}{3}} = 174,9 \text{ тыс. км.}$$

3.2 Расчет упругого пневматического элемента для задней подвески автобуса и расчет его основных параметров

«В данной компоновке был выбран упругий элемент рукавного типа, как наиболее часто применяемый в пневматических подвесках современных автомобилей. Их широкое применение объясняется рядом преимуществ по сравнению с другими типами пневматических элементов: при одинаковой грузоподъемности рукавные элементы имеют меньшие размеры и массу; позволяют получить упругую характеристику желаемого вида за счет придания поршню необходимой конфигурации; допускают значительные перекосы и не требуют точной установки, так как оболочка самоцентрируется по поршню.» [2]

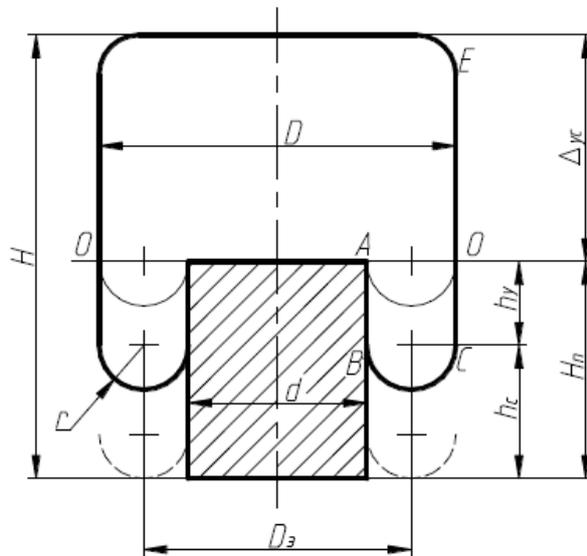
Определяем силу, действующую на пневмоэлемент в груженом состоянии:

$$F_3 = \frac{0,5G_M g}{U}; \quad (51)$$

$$F_3 = \frac{0,5 \cdot 8833 \cdot 9,81}{2} = 21655 \text{ Н.}$$

По полученному значению F_3 принимаем упругий рукавный элемент под нагрузку $F_3 = 21655 \text{ Н}$, эффективным диаметром $D_3 = 0,255 \text{ м}$ (при давлении $0,6 \text{ МПа}$) и наружным диаметром при максимальном ходе сжатия элемента $D = 0,325 \text{ м}$.

Определяем основные размеры пневмоэлемента (рисунок 9).



Δ_{yc} – ход сжатия упругого элемента; h_y – свес оболочки в положении статического равновесия; h_c – свободная длина поршня; D – наружный диаметр упругого элемента; $D_э$ – эффективный диаметр; d –диаметр поршня; r – радиус свеса.

Рисунок 9 – Основные размеры пневмоэлемента

Диаметр поршня

$$d = 2D_э - D, \quad (52)$$

$$d = 2D_э - D = 2 \cdot 0,255 - 0,325 = 0,185 \text{ м},$$

Радиус свеса:

$$r = \frac{D - d}{4}; \quad (53)$$

$$r = \frac{0,325 - 0,185}{4} = 0,035 \text{ м}.$$

Принимаем $\Delta_{сж}$ = 120 мм; $\Delta_{отб}$ =120 мм.

Определяем длину участка АВСЕ:

$$L_{ABCE} = \Delta_{сж} + \Delta_{отб} + \pi r; \quad (54)$$

$$L_{ABCE} = 0,12 + 0,12 + 3,14 \cdot 0,035 = 0,35 \text{ м.}$$

Определяем параметр h_y :

$$h_y = (L_{ABCE} - \Delta_{сж} - \pi \cdot r) / 2; \quad (55)$$

$$h_y = (0,35 - 0,12 - 3,14 \cdot 0,035) / 2 = 0,06 \text{ м.}$$

Свободная длина поршня определяется по формуле:

$$h_c = \Delta_{yc} / 2 + r; \quad (56)$$

$$h_c = 0,12 / 2 + 0,035 = 0,095 \text{ м.}$$

Общая высота поршня:

$$H_{\pi} = h_y + h_c, \quad (57)$$

$$H_{\pi} = 0,06 + 0,095 = 0,155 \text{ м.}$$

Высота упругого элемента:

$$H = H_{\pi} + \Delta_{yc}; \quad (58)$$

$$H = H_{\pi} + \Delta_{yc} = 0,155 + 0,12 = 0,275 \text{ м.}$$

Эффективная площадь пневмоэлемента

$$S_э = \frac{\pi D_э^2}{4}; \quad (59)$$

$$S_э = \frac{3,14 \cdot 0,255^2}{4} = 0,051 \text{ м}^2$$

Упругая характеристика пневмоэлемента представляет собой зависимость прогиба элемента от силы, действующей на этот элемент. Построим упругую характеристику элемента для статического груженого состояния. Расчетная формула имеет вид:

Определяем давление p_1 в пневмоэлементе при статическом равновесии автомобиля в груженом состоянии:

$$p_1 = \frac{F_э}{S_э} + p_a; \quad (60)$$

где $p_a = 0,1$ МПа – атмосферное давление

$$p_1 = \frac{21655}{0,051} + 100000 = 524619 \text{ Па} \approx 0,525 \text{ МПа.}$$

Усилие, возникающее от пневмоэлемента F_i определяется по уравнению упругой характеристики:

$$F_i = \left[p_1 \left(\frac{V_1}{V_i} \right)^n - p_a \right] S_э, \quad (61)$$

где $n = 1$ – показатель политропы;

V_1 – объем в пневмоэлементе в положении статического равновесия;

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \Delta_{сж} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot \frac{\Delta_{отб}}{2} + \frac{\pi^2(D - d)^2(D + d)}{64}; \quad (62)$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,325^2}{4} \cdot 0,12 + \frac{3,14 \cdot (0,325^2 - 0,185^2)}{4} \cdot \frac{0,12}{2} + \frac{3,14^2 \cdot (0,325 - 0,185)^2 \cdot (0,325 + 0,185)}{64} = 0,0148 \text{ м}^3.$$

V_i – объем в пневмоэлементе в i -том положении;

$$V_i = V_1 - \delta V; \quad (63);$$

δV - изменение объема при деформации элемента;

$$\delta V = \frac{\pi(D^2 + d^2)}{8} \Delta_i; \quad (64)$$

$$\delta V = \frac{3,14 \cdot (0,325^2 + 0,185^2)}{8} \cdot 0,01 = 0,0144 \text{ м}^3.$$

Для расчета усилия возникающего в пневмоэлементе примем шаг изменения равный $\Delta_i=10,0$ мм. Считаем что ход сжатия вверх (+) (положительно), а ход отбоя вниз (-) (отрицательно). Полученные значения сводим в таблицу 11. По полученным данным строим упругую характеристику пневматического элемента для груженого состояния (рисунок 10).

Таблица 11 – Значения для построения упругой характеристики пневмоэлемента в груженом состоянии

$\Delta_i, \text{ м}$	$V_i, \text{ м}$	$F_i, \text{ кН}$
-0,12	0,01961	15,119
-0,11	0,01921	15,541
-0,1	0,01881	15,981
-0,09	0,01841	16,440
-0,08	0,01801	16,920
-0,07	0,01761	17,422
-0,06	0,01721	17,947

Продолжение таблицы 11

-0,05	0,01681	18,497
-0,04	0,01640	19,074
-0,03	0,01600	19,680
-0,02	0,01560	20,317
-0,01	0,01520	20,987
0	0,01480	21,694
0,01	0,01440	22,440
0,02	0,01400	23,230
0,03	0,01360	24,065
0,04	0,01320	24,952
0,05	0,01280	25,894
0,06	0,01239	26,896
0,07	0,01199	27,966
0,08	0,01159	29,110
0,09	0,01119	30,336
0,1	0,01079	31,654
0,11	0,01039	33,072
0,12	0,00999	34,605

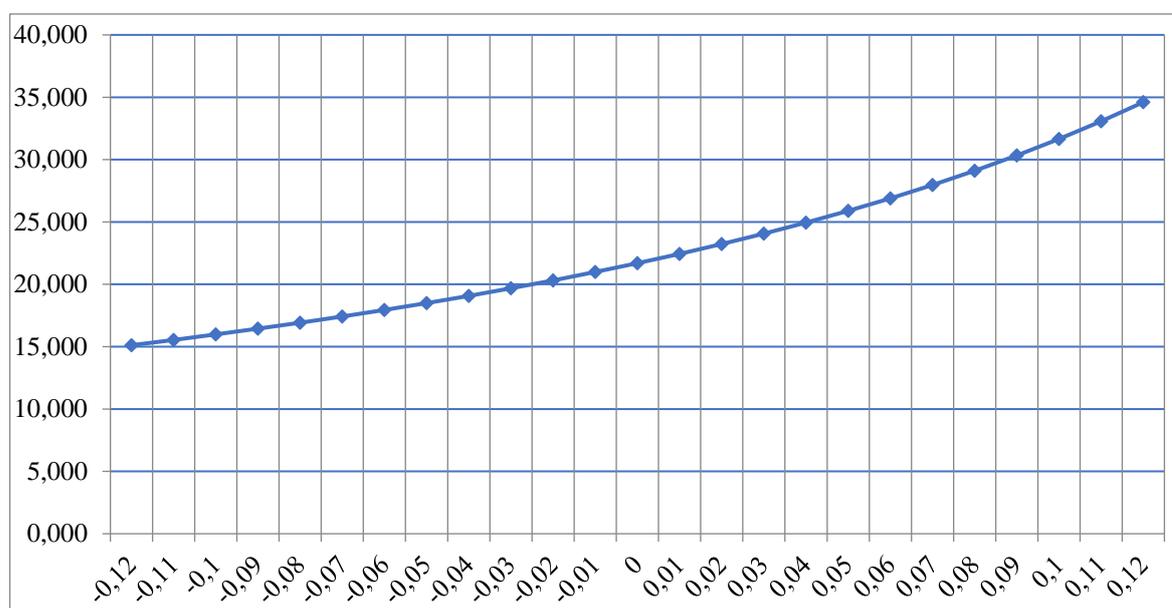


Рисунок 10 – Упругая характеристика пневматического элемента для
груженого состояния

Далее строим упругую характеристику подвески для груженого состояния.
Значения усилий пневмоподвески и ходов на ней определим по формулам:

$$F_n = F_{\text{э}} \frac{a + b}{a}; \quad (65)$$

$$\Delta_n = \Delta_{\text{э}} \frac{a}{a + b}; \quad (66)$$

Полученные значения сводим в таблицу 12. По полученным данным строим упругую характеристику пневмоподвески для груженого состояния (рисунок 11).

Таблица 12 – Значения для построения упругой характеристики пневмоподвески в груженом состоянии

Δ_{ni} , м	F_{ni} , кН
-0,060	30,238
-0,055	31,082
-0,050	31,962
-0,045	32,881
-0,040	33,840
-0,035	34,843
-0,030	35,893
-0,025	36,994
-0,020	38,147
-0,015	39,359
-0,010	40,633
-0,005	41,974
0,000	43,388
0,005	44,881
0,010	46,459
0,015	48,130
0,020	49,903
0,025	51,787
0,030	53,793
0,035	55,933
0,040	58,221
0,045	60,673
0,050	63,307
0,055	66,145
0,060	69,210

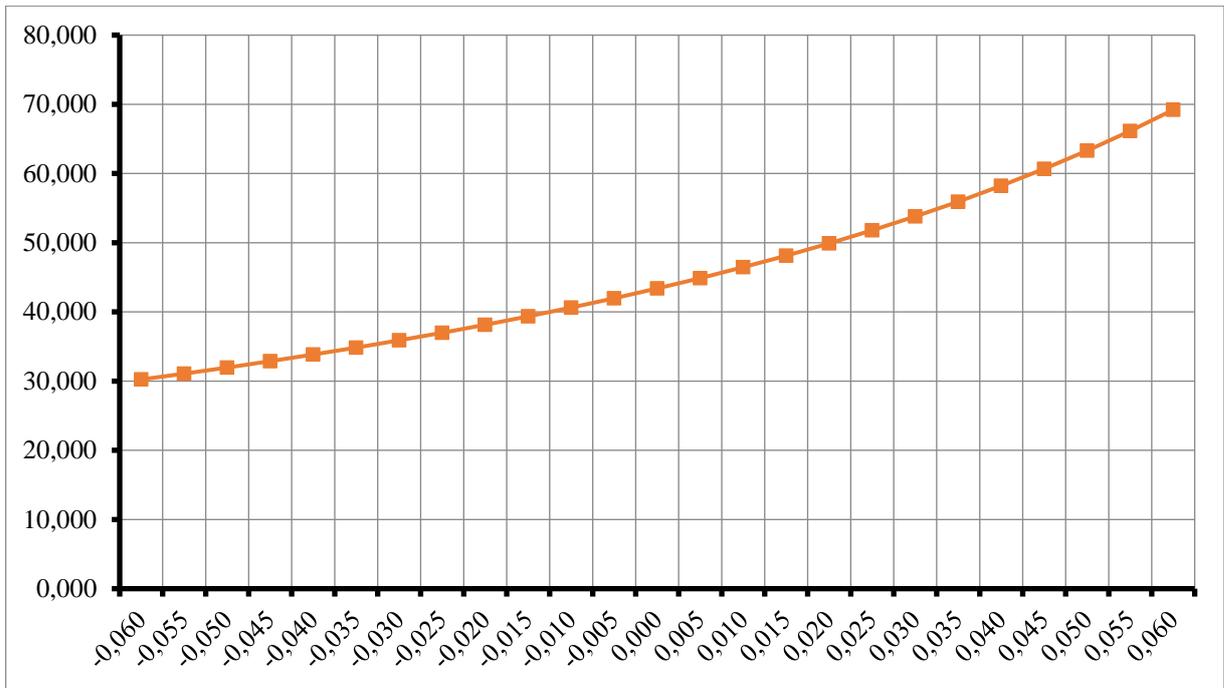


Рисунок 11 – Упругая характеристика пневмоподвески для груженого состояния

Определим жесткость пневмоподвески

$$C_n = \frac{\Delta F}{\Delta \delta}; \quad (67)$$

$$C_n = \frac{42,076 - 39,351}{0,005 - (-0,005)} = 271,9 \text{ кН/м}$$

Определим усилие пневмоэлемента из уравнения моментов в снаряженном состоянии

$$F_n = M_0 g; \quad (68)$$

$$C_n = \frac{42,076 - 39,351}{0,005 - (-0,005)} = 271,9 \text{ кН/м.}$$

Определим усилие пневмоэлемента из уравнения моментов в снаряженном состоянии:

$$F_n = 4300 \cdot 9,81 = 42183 \text{ Н};$$

$$F_э = 42183 \cdot \frac{0,8}{(0,8 + 0,8)} = 21091,5 \text{ Н}.$$

Уточним значение давления воздуха в упругом элемент для снаряженного состояния в положении статического равновесия:

$$p_1 = \frac{21091,5}{0,051} + 100000 = 513559 \text{ Па} \approx 0,513 \text{ МПа}.$$

3.3 Расчет амортизатора и деталей подвески

Средний коэффициент амортизатора за цикл работы определяется:

$$K = 2\psi\sqrt{MC}, \quad (69)$$

где $\psi = 0,15 \div 0,25$ – коэффициент аperiodичности, принимаем $\psi = 0,2$;

M – масса приходящаяся на амортизатор:

$$M = \frac{M_{гр}}{2}; \quad (70)$$

$$M = \frac{7150}{2} = 3575.$$

C – жесткость подвески в груженном состоянии:

$$C = \frac{F_2 - F_2'}{2\Delta_1}; \quad (71)$$

где $F_2 = 41,23 \text{ кН}$; $F_2' = 33,01 \text{ кН}$ – усилия в пневмоподвеске;

$\Delta_1 = 0,011$ м – ход пневмоподвески.

$$C = \frac{(41,23 - 33,01) \cdot 1000}{2 \cdot 0,011} = 373636 \text{ Н/м};$$

$$K = 2 \cdot 0,2 \sqrt{3575 \cdot 373636} = 14619,16.$$

Амортизатор имеет различное сопротивление на ходе отбоя и сжатия, которое определяется через коэффициент разности γ :

$$\gamma = \frac{K_{\text{отб}}}{K_{\text{сж}}} = 2 \div 4.$$

Принимаем $\gamma = 3$, тогда:

$$K_{\text{отб}} = \gamma K_{\text{сж}} = 3K_{\text{сж}}. \quad (72)$$

Подставляем полученное выражение в формулу:

$$K = \frac{K_{\text{сж}} + 3K_{\text{сж}}}{2} = 2K_{\text{сж}}; \quad (73)$$

$$K_{\text{сж}} = \frac{K}{2} = \frac{14619,16}{2} = 7309,58$$

$$K_{\text{отб}} = 3 \cdot 7309,58 = 21928,74.$$

Определяем усилия создаваемые амортизатором при сжатии и отбое:

$$F_{\text{сж}} = 7309,58 \cdot 0,52 = 3800,98 \text{ Н},$$

$$F_{отб} = 21928,74 \cdot 0,52 = 11402,94 \text{ Н.}$$

По полученным значениям усилий амортизатора и по скорости штока строим характеристику амортизатора (рисунок 12).

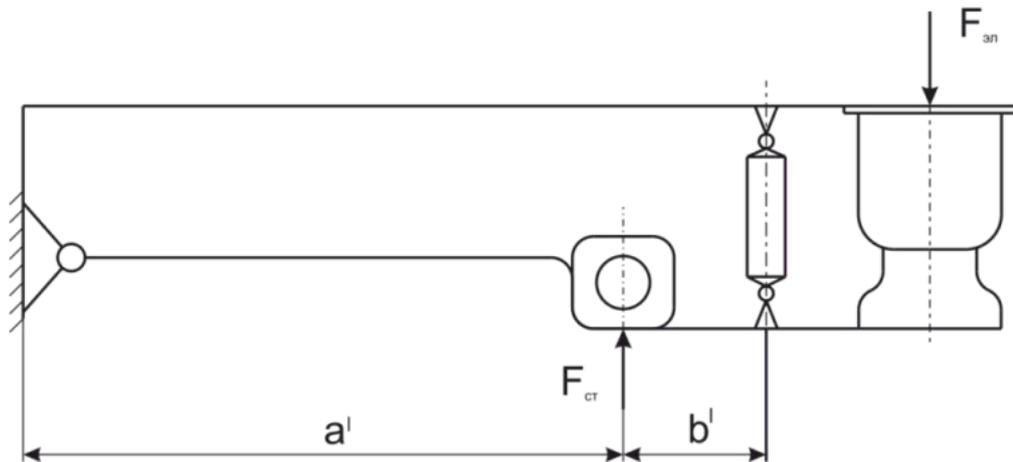


Рисунок 12 – Схема вертикально установленного амортизатора

Выполняем расчет амортизатора установленного в подвеску.

Передаточное число:

$$U_{ам} = \frac{a' + b'}{a'}; \quad (74)$$

где $a' = 0,67$ м – расстояние от кронштейна до балки моста;

$b' = 0,25$ м – расстояние от балки моста до амортизатора.

$$U_{ам} = \frac{0,67 + 0,25}{0,67} = 1,37$$

Определим коэффициенты сжатия и отбоя для установленного в подвеску амортизатора:

$$K_{\text{сж}}^{\text{уст}} = \frac{K_{\text{сж}}}{U_{\text{ам}}^2}; \quad (75)$$

$$K_{\text{сж}}^{\text{уст}} = \frac{7309,58}{1,37^2} = 3894,5;$$

$$K_{\text{отб}}^{\text{уст}} = \frac{K_{\text{отб}}}{U_{\text{ам}}^2}; \quad (76)$$

$$K_{\text{отб}}^{\text{уст}} = \frac{21928,74}{1,37^2} = 11683,49$$

Скорость штока амортизатора:

$$\Delta'_{\text{ам}} = \Delta' U_{\text{ам}}; \quad (77)$$

$$\Delta'_{\text{ам}} = 0,52 \cdot 1,37 = 0,71 \text{ м/с}$$

Определяем ход амортизатора:

$$h_{\text{ам}} = (\Delta_{\text{сж}} + \Delta_{\text{отб}}) \cdot 0,15 \quad (78)$$

$$h_{\text{ам}} = (0,1 + 0,12) \cdot 0,15 = 0,033 \text{ м}$$

Определяем диаметр штока поршня из расчета на устойчивость штока при максимальном осевом сжатии:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt[4]{\frac{64 F_{\text{сж}}(\text{max}) l^2}{\pi^3 E}}, \quad (79)$$

где $F_{\text{сж}}(\text{max}) = 3800,98 \text{ Н}$ – максимальное осевое сжатие;

l – длина штока поршня, принимаем $l = 300$ мм;

$E = 2,05 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости.

$$d_{шт} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 3800,98 \cdot 0,3^2}{3,14^3 \cdot 2,05 \cdot 10^{11}}} = 0,0077 \text{ м.}$$

Полученный диаметр умножаем на коэффициент запаса продольной жесткости и получаем:

$$d_{шт} = 7,7 \cdot 1,85 = 14,2 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_{шт} = 14$ мм.

Определим площадь поршня:

$$S_{п} = \frac{F_{отб(max)}}{p_{max}}; \quad (80)$$

«где $F_{отб(max)} = 11402,94$ Н – максимальная сила сопротивления амортизатора;

p_{max} – максимальное давление в амортизаторе, принимаем $p_{max} = 5$ МПа.» [3]

$$S_{п} = \frac{11402,94}{5 \cdot 10^6} = 0,002 \text{ м}^2.$$

Определяем диаметр поршня:

$$d_{п} = \sqrt{\frac{4S_{п}}{\pi}}; \quad (81)$$

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,002}{3,14}} = 0,050 \text{ м}$$

Принимаем диаметр поршня $d_{\text{п}} = 50$ мм.

Определяем площадь поршня на ходе сжатия:

$$S_{\text{п сж}} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4}; \quad (82)$$

$$S_{\text{п сж}} = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} = 1962,5 \text{ мм}^2.$$

Определяем площадь поршня на ходе отбоя:

$$S_{\text{п отб}} = \frac{\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{шт}}^2)}{4}; \quad (83)$$

$$S_{\text{п отб}} = \frac{3,14 \cdot (50^2 - 14^2)}{4} = 1808,64 \text{ мм}^2$$

В ходе конструкторского раздела дипломного проекта были выполнены следующие расчеты и исследования. Выполнены необходимые инженерные вычисления нагрузок, передаваемых на конструкцию балки моста. Определены максимальные значения изгибающих моментов и поперечных сил, обеспечивающие прочность конструкции.

Разработана конструкция упругого элемента, предназначенного для поглощения вертикальных колебаний кузова автобуса. Осуществлен выбор оптимальных материалов и геометрических характеристик пневмобаллона. Расчеты показали соответствие полученных значений допустимым нагрузкам и требованиям безопасности эксплуатации автобусов.

Изучены требования к характеристикам демпфирования колебаний системы задней подвески автобуса. Подтвержден правильный подбор коэффициентов вязкого сопротивления и пружинной жесткости, обеспечивающий комфорт пассажиров и безопасность движения. Произведена проверка работоспособности модели продемонстрировала эффективность спроектированной системы гашения вибраций.

Таким образом, выполненные конструкторские расчёты обеспечивают надежность и долговечность мостовых конструкций и элементов подвесок транспортных средств, что позволяет рекомендовать проектируемые решения для практического внедрения в серийное производство.

Результаты выполнения конструкторского раздела дипломного проекта отражены на листах графической части в виде чертежей узлов и деталей, а также в виде схем и графиков.

4 Разработка технологического процесса сборки подвески автобуса

4.1 Анализ конструкции, взятой на технологическую разработку

Разработка эффективного и качественного технологического процесса сборки является важным этапом проектирования любого изделия транспортного машиностроения. Задняя подвеска современного автобуса представляет собой сложную систему, состоящую из множества деталей и узлов, обеспечивающую плавность хода, устойчивость и управляемость транспортного средства.

Целью настоящего раздела дипломного проекта является создание рационального технологического процесса сборки задней подвески автобуса, позволяющего обеспечить высокую производительность труда, снижение затрат на сборочные операции и повышение качества конечного продукта.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

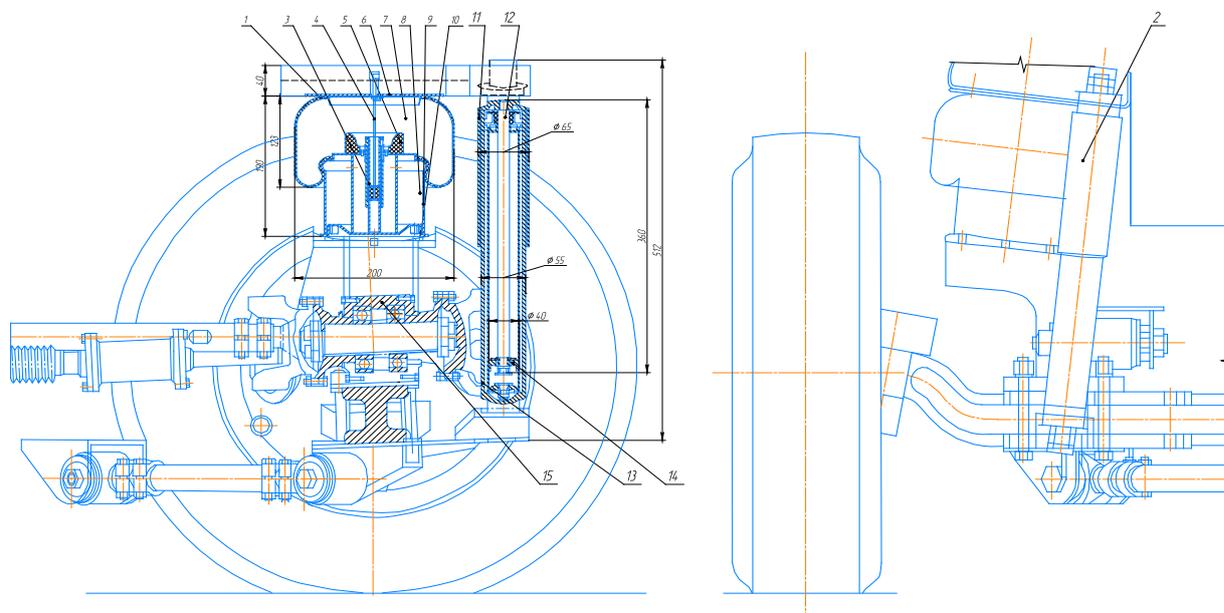
- анализ существующих технологий сборки аналогичных изделий и выявление их преимуществ и недостатков;
- разработка последовательности операций сборки задней подвески с учётом требований технической документации и стандартов производства;
- выбор необходимого оборудования и оснастки, обеспечивающих точность и надёжность выполняемых операций;
- оценка экономической эффективности предложенных решений и подготовка рекомендаций по внедрению разработанного технологического процесса на предприятии.

Реализация указанных мероприятий позволит значительно повысить конкурентоспособность выпускаемого автобусного транспорта, снизить себестоимость продукции и увеличить рентабельность предприятия-изготовителя.

Задняя подвеска автобуса МАЗ-105 относится к типу независимой пневмоподвески, характеризующейся высокой степенью комфорта и надёжности. Она состоит из ряда ключевых компонентов, каждый из которых

играет важную роль в обеспечении оптимального функционирования всей системы.

Конструктивная схема подвески, взятой на проработку, представлена на рисунке 13.



«1 – подушка; 2 – амортизатор; 3 – ниппель; 4 – соединительная трубка; 5 – площадка; 6 – оболочка; 7 – рабочая полость; 8 – нижняя полость; 9 – корпус; 10 – прокладка; 11 – корпус амортизатора; 12 – шток; 13 – внутренний корпус; 14 – поршень амортизатора.» [6]

Рисунок 13 – Конструкция подвески автобуса

«Подвеска автобуса реализована на все три оси в одном положении: зависимая, пневматическая, с регуляторами высоты кузова. На переднюю ось – по два гидравлических амортизатора, на заднюю ось – по четыре» [16]

«В качестве конструкции подвески для автомобильного дома принимается пневматическая подвеска с гидравлическим амортизатором. Тип подвески – зависимая с неразрезной балкой. В качестве направляющих элементов подвески выступают косые рычаги. В качестве упругого элемента выступает пневматическая подушка, которая накачивается от бортового компрессора до

необходимого для работы давления. Ввиду того, что давление может быть изменено, подвеска таким образом получается регулируемой. Изменение и адаптация производится при помощи изменения давления в подушке пневматической подвески. Гашение колебаний подвески при наезде на препятствие производится при помощи газонаполненного амортизатора, являющегося элементом подвески автомобильного дома на базе автобуса.

Таким образом, при разработке технологического процесса, необходимо произвести разработку технологии сборки зависимой пневматической подвески с неразрезной балкой.» [18]

4.2 Разработка технологической карты процесса сборки подвески

При разработке технологической карты сборки важно учитывать специфику конструкции задней подвески МАЗ-105:

- сборочный процесс включает последовательное соединение всех перечисленных элементов с соблюдением точности позиционирования каждого компонента;

- важнейшую роль играют контрольные процедуры проверки герметичности пневмосистемы, проверка регулировки положения кузова и работоспособность механизмов стабилизации;

- применение специализированного инструмента и испытательного оборудования гарантирует точное соблюдение технических условий сборки.

Собранная таким образом задняя подвеска обеспечит высокий уровень комфортабельности и надежности, гарантируя длительную эксплуатацию автобуса без значительных ремонтных работ.

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

- изделие должно иметь возможность сборки по узлам;
- все узлы могут присоединяться к базовой детали независимо друг от друга;

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

[16]

«В таблицу 13 сведем все сборочные работы, которые необходимо произвести при проведении сборочных операций по подвески транспортного средства, автомобильного дома на базе автобуса МАЗ.

Указанные в таблице работы будет использованы при разработки технологической схемы сборки подвески автодома на базе автобуса.» [15]

Таблица 13 – Технологический процесс проведения сборочных работ

Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Запрессовать в поворотную цапфу втулку верхнюю и нижнюю 2. Установить распорную втулку 3. Установить подшипник 4. Произвести запрессовку шкворня 5. Присоединить рычаги рулевых тяг к цапфе 6. Затянуть стопорную гайку цапфы 7. Установить крышку с сальником и затянуть болты крепления 8. Убедиться в отсутствии заеданий 9. Повторить операции для второй стороны балки 10. Переместить сборочную единицу на следующую позицию	Стенд сборочный Пресс 20т Ключ на 17 Ключ на 27 Смазка консистентная	30,45

<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить подушки на балку 2. Закрутить фиксирующие болты 5256- 1/13438/33 ключом на 19 3. Запрессовать сайлент-блоки тяг балки моста 4. Запрессовать сайлент-блок тяги поперечной устойчивости 5. Установить подшипники в корпус крепления тяг 6. Присоединить продольные рычаги тяг 7. Присоединить тягу поперечной устойчивости 8. Убедится в отсутствии заеданий при перемещении тяг 	<p>Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка</p>	<p>15,25</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Присоединить продольные тяги к кронштейну рамы 2. Присоединить тягу поперечной устойчивости к кронштейнам рамы 3. Произвести затяжку болтов 5256-1/13438/33 4. Затянуть болты крепления подушек 5. Установить амортизаторы и произвести затяжку болтов 6. Присоединить разъемы пневматической системы 	<p>Ключ на 17 Ключ на 27 Стойка канавная 5т Смазка</p>	<p>22,87</p>

В результате выполнения данного раздела была разработана технологическая карта сборки задней подвески автобуса. Были изучены особенности конструкции задней подвески автобуса МАЗ-105. Определен перечень необходимых инструментов, приспособлений и материалов для выполнения сборочных операций. Разработан порядок монтажа отдельных элементов подвески с целью минимизации временных затрат и повышения производительности труда. Произведено разделение общего объема работ на отдельные этапы с указанием технологических переходов и режимов обработки. Был произведен подбор специального оборудования и вспомогательных устройств, обеспечивающих выполнение каждой операции с требуемым качеством. Сформированы схемы расположения рабочих мест и размещения оборудования для удобства исполнителей.

Разработанная технологическая карта предназначена для организации промышленного производства задних подвесок автобусов и направлена на улучшение качества готовой продукции, сокращение сроков изготовления и уменьшение эксплуатационных расходов. Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что внедрение предложенной технологии существенно повысит экономическую эффективность и качество сборки.

5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта.

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-

промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

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

В таблице 14 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПШ.

Таблица 14 – Общие технические характеристики участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	С0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В
Выделенная мощность, кВА	40

В таблице 15 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 15 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300	Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргонодуговой сварочный инвертор Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду.

Проведение регулярной идентификации профессиональных рисков является важнейшим элементом системы управления охраной труда и позволяет создать безопасные условия труда для работников и предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания.

В таблице 16 приведены профессиональные риски для участка механической сборки.

Таблица 16 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры

Продолжение таблицы 16

	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Шум	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Ультразвук	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Вибрации	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Подготовка к окраске и окраска	Испарение токсичных веществ	Нитроэмаль быстросохнущая
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Результатом идентификации профессиональных рисков является формирование методов для снижения или нейтрализации негативного воздействия на рабочих.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков.

В качестве методов снижения профессиональных рисков можно определить следующие основные категории:

- «Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.» [18]

- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;

- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;

- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно.

Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования.

Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

Обеспечение пожарной безопасности на участке сборки — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения пожара и обеспечение безопасности людей и имущества в случае его возникновения.

«В таблице 18 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 18 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

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

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

Таблица 19 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

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

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 20 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 20 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

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

«Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

- назначение ответственных лиц за пожарную безопасность;
- разработка инструкций по пожарной безопасности;
- проведение противопожарных тренировок;
- сотрудничество с пожарной охраной.» [18]

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;

- размещение планов эвакуации на видных местах;
- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

5.5 Обеспечение экологической безопасности

«Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

В таблице 21 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [18]

Таблица 21 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности

сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа предприятия и его конкурентоспособности.

В разделе безопасности объекта дипломного проекта разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта.

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды.

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

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

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников.

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные станды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;
- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также

специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

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

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

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

6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке

«К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 22.» [19]

Таблица 22 – Расходные материалы сборочного участка

Наименование материалов	Используемое количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Прокат стальной в ассортименте, кг	7500	75	562 500
Металл листовой в ассортименте	7500	73	547 500
Вода технологическая, м ³	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200
Шкурка абразивная в ассортименте, м ²	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
ИТОГО			1 723 100

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (84)$$

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

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

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 15.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке

Расчет амортизационных отчислений на сборочном участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования.

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

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

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 23.

Таблица 23 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500

Продолжение таблицы 23

Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка	$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * H_a}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$				60 000
ИТОГО					2 978 550

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

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

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

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

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$Эл = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot Ц_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (85)$$

где M_i – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

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

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

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

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

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

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

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29
Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_g \cdot K_n \cdot C_э}{\eta} \quad (86)$$

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

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_{св} \quad (87)$$

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

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию.

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

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

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

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством.

Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

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

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (88)$$

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

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

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

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (89)$$

где « $K_{\text{соц}}$ – норма отчислений на страховые взносы, $K_{\text{соц}} = 0,3$.» [18]

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

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (90)$$

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

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма	Доля затрат, %
Расходные материалы сборочного участка	1 723 100	3,30
Амортизационные отчисления участка сборки	2 978 550	5,71
Общие расходы на электроэнергию	182 240,97	0,35
Затраты на оплату труда	31 766 482,8	60,91
Расходы на административно-управленческий персонал	15 500 000	29,72
ИТОГО	49 171 823,77	100

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$\text{НЧ} = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (91)$$

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

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

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

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

Заключение

В современных условиях развития автомобильного транспорта, характеризующегося ростом грузоподъёмности, повышением средних скоростей и усложнением профиля автомобильных дорог, особенно горных и холмистых, всё более остро встаёт задача повышения комфортности и безопасности пассажирских перевозок автобусами большой и особо большой вместимости.

Актуальность совершенствования конструкций транспортных средств, в частности, повышения комфортабельности и управляемости автобусов, обусловлена постоянно растущими требованиями к безопасности и удобству пассажирских перевозок. Одним из ключевых элементов, влияющих на плавность хода и устойчивость автобуса, является подвеска. Настоящий дипломный проект посвящен модернизации подвески задней оси автобуса МАЗ-105 с целью повышения ее эффективности и комфортабельности.

По результатам проведения работы в рамках первого раздела дипломного проекта, сделаны следующие выводы. Проведён детальный обзор существующих конструкций подвесок автобусов, грузовых автомобилей и специальной техники, выявивший различные подходы к решению проблем улучшения устойчивости, снижения вибраций и увеличения ресурса узлов подвески. Произведён тщательный анализ конструкции подвески заднего моста автобуса МАЗ-105, выявлены сильные стороны существующей схемы и определены узкие места, ограничивающие возможности дальнейшей модернизации. Проанализированы различные типы балок мостов автобусов, определено влияние их конструктивных особенностей на поведение транспортного средства в процессе эксплуатации.

Обоснованы перспективы применения модернизированных вариантов подвесок, позволяющих повысить срок службы основных элементов ходовой части, снизить затраты на обслуживание и ремонт, увеличить пассивную безопасность и комфорт пассажиров.

Для продолжения работ рекомендуется сосредоточить внимание на внедрении новейших технологий производства упругих элементов и амортизаторов, применении инновационных конструкционных материалов, оптимизациях расчётных моделей и методов компьютерного моделирования процессов взаимодействия подвески с дорогой.

Тяговый расчёт проводился согласно общепринятым методикам оценки динамических характеристик транспортных средств, включая определение мощностных показателей двигателя, трансмиссии и колёсной базы транспортного средства.

Передаточные числа коробки передач и главной передачи: согласованы с рекомендациями производителя для оптимального распределения мощности и снижения нагрузок на двигатель. Расчёт динамики движения показал, что автобус способен развивать максимальное ускорение порядка $0,45 \text{ м/с}^2$, что соответствует нормативам для городских автобусов подобного класса.

Динамические расчеты позволили определить максимальную скорость автобуса на высшей передаче – около 95 км/ч , что также соответствует техническим требованиям безопасности эксплуатации городского транспорта.

Рассчитаны величины необходимых запасов силы тяги, обеспечивающих уверенное преодоление подъёмов дороги с уклоном до $i = 10\%$. Полученный коэффициент запаса $\varphi > 1,2^\circ$ свидетельствует о достаточной проходимости автобуса даже в условиях сложной дорожной обстановки.

Таким образом, проведённый тяговый расчёт подтверждает достаточность конструктивных решений автобуса МАЗ-105 для эффективного и безопасного передвижения в городском цикле эксплуатации. Результаты анализа позволят повысить надёжность и эффективность транспортного средства, а предложенные меры оптимизации способствуют снижению эксплуатационных затрат и повышению уровня комфорта пассажиров.

В ходе конструкторского раздела дипломного проекта были выполнены следующие расчеты и исследования. Выполнены необходимые инженерные вычисления нагрузок, передаваемых на конструкцию балки моста. Определены

максимальные значения изгибающих моментов и поперечных сил, обеспечивающие прочность конструкции.

Разработана конструкция упругого элемента, предназначенного для поглощения вертикальных колебаний кузова автобуса. Осуществлен выбор оптимальных материалов и геометрических характеристик пневмобаллона. Расчеты показали соответствие полученных значений допустимым нагрузкам и требованиям безопасности эксплуатации автобусов.

Изучены требования к характеристикам демпфирования колебаний системы задней подвески автобуса. Подтвержден правильный подбор коэффициентов вязкого сопротивления и пружинной жесткости, обеспечивающий комфорт пассажиров и безопасность движения. Произведена проверка работоспособности модели продемонстрировала эффективность спроектированной системы гашения вибраций.

Таким образом, выполненные конструкторские расчёты обеспечивают надежность и долговечность мостовых конструкций и элементов подвесок транспортных средств, что позволяет рекомендовать проектируемые решения для практического внедрения в серийное производство.

Результаты выполнения конструкторского раздела дипломного проекта отражены на листах графической части в виде чертежей узлов и деталей, а также в виде схем и графиков.

В результате выполнения данного раздела была разработана технологическая карта сборки задней подвески автобуса. Были изучены особенности конструкции задней подвески автобуса МАЗ-105. Определен перечень необходимых инструментов, приспособлений и материалов для выполнения сборочных операций. Разработан порядок монтажа отдельных элементов подвески с целью минимизации временных затрат и повышения производительности труда. Произведено разделение общего объема работ на отдельные этапы с указанием технологических переходов и режимов обработки. Был произведен подбор специального оборудования и вспомогательных устройств, обеспечивающих выполнение каждой операции с требуемым

качеством. Сформированы схемы расположения рабочих мест и размещения оборудования для удобства исполнителей.

Разработанная технологическая карта предназначена для организации промышленного производства задних подвесок автобусов и направлена на улучшение качества готовой продукции, сокращение сроков изготовления и уменьшение эксплуатационных расходов. Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что внедрение предложенной технологии существенно повысит экономическую эффективность и качество сборки. В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства.

В экономическом разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой участка сборки.

Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Буянкин, А. В. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта и погрузо-разгрузочные средства : учебное пособие / А. В. Буянкин, Ю. Е. Воронов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 107 с. — ISBN 978-5-00137-202-8
5. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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..

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

15. 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.

16. 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.

17. 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.

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

19.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.

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

21.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.

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

23.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.

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