

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему **Разработка подвески с пневматическими элементами для
автомобиля LADA VESTA**

Обучающийся

Д.К. Карапетян

(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 2024

Аннотация

Темой выпускной квалификационной работы является «Разработка подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA».

Актуальность темы дипломного проекта подтверждается спросом со стороны потребителя на автомобили, обеспечивающие большую плавность хода, более высокий уровень комфорта, снижение уровня шума в салоне при движении. Использование пневматических элементов в подвеске позволит значительно снизить уровень вибрации и неровностей дороги, обеспечивая более комфортное и плавное движение автомобиля. Также подвеска с пневматическими элементами может повысить управляемость и устойчивость автомобиля на дороге. Пневматические элементы позволяют регулировать жесткость подвески в зависимости от дорожных условий, что делает ее более адаптивной к различным типам покрытий и стилю вождения, а оптимальная работа подвески с использованием пневматических элементов может привести к снижению расхода топлива за счет улучшения аэродинамики и снижения сопротивления качению. Также, использование пневматических элементов в подвеске автомобиля отражает использование современных технологий и подходов к конструированию, что делает автомобиль более конкурентоспособным на рынке.

Улучшение работоспособности подвески с помощью пневматических элементов может способствовать увеличению стабильности и предсказуемости поведения автомобиля на дороге, что повышает уровень безопасности вождения. Таким образом, разработка подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA Vesta имеет высокую актуальность в контексте обеспечения комфортности, управляемости, энергоэффективности и безопасности автомобиля, что делает этот проект важным и перспективным для современной автомобильной индустрии.

Структура дипломного проекта разделена на несколько связанных между собой разделов, а именно: введение, шесть глав, раскрывающих тему

проекта, заключение и список использованных источников, включая иностранные. Инженерно-графический раздел выпускной квалификационной работы изложен на 10 листах формата А1.

Цель дипломного проекта по теме «Разработка подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA» заключается в разработке и внедрении более совершенной с технической точки зрения подвески с пневматическими элементами, что позволит повысить эффективность, безопасность, комфортабельность и функциональность автомобиля, что сделает его более конкурентоспособным на рынке.

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

- анализ конструкций подвески легкового автомобиля и выявление их эксплуатационных недостатков;
- формирование предложений по разработке подвески автомобиля с пневматическими элементами;
- проведение необходимых конструкторских расчетов;
- разработка необходимых технологических операций сборки подвески автомобиля с пневматическими элементами;
- разработка требований по безопасности организации и проведению сборочных работ;
- расчет экономического эффекта от внедрения конструкции в производство;
- формирование заключения по результатам проделанной работы.

Разработка подвески автомобиля с пневматическими элементами позволит в первую очередь повысить комфорт и плавность движения. Это связано с тем, что работа пневматического элемента более адекватна и плавна по сравнению с пружиной.

Предложенные конструкторские и технологические решения носят не только теоретические предложения, но могут быть реализованы на практике, что повысит потребительскую привлекательность автомобиля.

Abstract

The topic of the final qualifying work is «Development of suspension with pneumatic elements for the LADA VESTA car».

The relevance of the topic of the diploma project is confirmed by consumer demand for cars that provide a smoother ride, a higher level of comfort, and reduced noise levels in the cabin when driving. The use of pneumatic elements in the suspension will significantly reduce the level of vibration and road irregularities, providing a more comfortable and smooth movement of the car. Also, a suspension with pneumatic elements can improve the vehicle's handling and stability on the road. Air elements allow you to adjust the stiffness of the suspension depending on road conditions, making it more adaptive to different types of surfaces and driving styles, and optimal suspension performance using air elements can lead to lower fuel consumption by improving aerodynamics and reducing rolling resistance. Also, the use of pneumatic elements in the car's suspension reflects the use of modern technologies and design approaches, which makes the car more competitive in the market.

Improving the performance of the suspension with the help of pneumatic elements can help increase the stability and predictability of the vehicle on the road, which increases the level of driving safety. Thus, the development of a suspension with pneumatic elements for the LADA Vesta car is highly relevant in the context of ensuring comfort, controllability, energy efficiency and safety of the car, which makes this project important and promising for the modern automotive industry.

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

The goal of the diploma project on the topic «Development of suspension with pneumatic elements for the LADA VESTA car» is to develop and implement a more technically advanced suspension with pneumatic elements, which will improve the

efficiency, safety, comfort and functionality of the car, which will make it more competitive in the world. market.

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

- analysis of passenger car suspension structures and identification of their operational deficiencies;
- formation of proposals for the development of car suspension with pneumatic elements;
- carrying out the necessary design calculations;
- development of the necessary technological operations for assembling a car suspension with pneumatic elements;
- development of requirements for the safety of the organization and assembly work;
- calculation of the economic effect from introducing the design into production;
- drawing up a conclusion based on the results of the work done.

The development of a car suspension with pneumatic elements will primarily improve comfort and smoothness of movement. This is due to the fact that the operation of the pneumatic element is more adequate and smoother compared to the spring.

The proposed design and technological solutions are not only theoretical proposals, but can be implemented in practice, which will increase the consumer attractiveness of the car.

Содержание

Введение	9
1 Анализ существующих конструкций и выбор необходимого технического решения	11
1.1 Общие сведения и требования к подвеске	11
1.2 Подвеска на двойных рычагах	13
1.3 Подвеска Макферсон	15
1.4 Полузависимая подвеска со скручивающейся балкой	19
1.5 Пневматическая подвеска	20
2 Патентные исследования конструкции, взятой на проработку	26
3 Описание разрабатываемой конструкции агрегата, узла или системы и условий эксплуатации	35
3.1 Амортизатор с пневматическим регулированием демпфирования ...	35
3.2 Блок управления уровнем кузова J197	36
3.3 Агрегат подачи воздуха	37
3.4 Пневматический выпускной клапан	39
3.5 Осушитель воздуха	41
3.6 Ресивер	42
3.7 Электромагнитные клапаны	43
3.8 Датчик давления G291 в системе регулирования уровня кузова	44
4 Конструкторский раздел дипломного проекта	46
4.1 Тягово-динамический расчет	46
4.1.1 Исходные данные	46
4.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики	47
4.1.3 Выбор передаточных чисел трансмиссии	49
4.1.4 Силовой баланс автомобиля	49
4.1.5 Мощностной баланс автомобиля	51
4.1.6 Динамическая характеристика автомобиля	52

4.1.7	Характеристика ускорения автомобиля	52
4.1.8	Характеристика разгона автомобиля	53
4.1.9	Топливно-экономическая характеристика	54
4.2	Расчет сил, действующих на элементы подвески при ее эксплуатации	56
4.3	Определение статических нагрузок в пневматическом элементе и шарнирах	59
4.4	Расчет упругого элемента подвески	60
5	Разработка технологического процесса сборки разработанной пневматической подвески	64
6	Безопасность и экологичность участка механической сборки	67
6.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта	67
6.2	Идентификация профессиональных рисков	70
6.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	71
6.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	73
6.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта	77
7	Экономический раздел дипломного проекта	79
7.1	Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	79
7.2	Расчет затрат и экономической эффективности	80
7.3	Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	87
	Заключение	91
	Список используемых источников	100
	Приложение А Внешняя скоростная характеристика	103
	Приложение Б Скорость автомобиля на разных передачах	104
	Приложение В Силовой баланс	105
	Приложение Г Динамический фактор	106
	Приложение Д Прямые и обратные ускорения автомобиля	107
	Приложение Е Время и путь разгона автомобиля	108

Приложение Ж Мощностной баланс автомобиля	109
Приложение И Мощностной баланс автомобиля на различных передачах	110
Приложение К Топливо-экономическая характеристика	111

Введение

Темой выпускной квалификационной работы является «Разработка подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA».

Актуальность темы дипломного проекта подтверждается спросом со стороны потребителя на автомобили, обеспечивающие большую плавность хода, более высокий уровень комфорта, снижение уровня шума в салоне при движении. Использование пневматических элементов в подвеске позволит значительно снизить уровень вибрации и неровностей дороги, обеспечивая более комфортное и плавное движение автомобиля. Также подвеска с пневматическими элементами может повысить управляемость и устойчивость автомобиля на дороге. Пневматические элементы позволяют регулировать жесткость подвески в зависимости от дорожных условий, что делает ее более адаптивной к различным типам покрытий и стилю вождения, а оптимальная работа подвески с использованием пневматических элементов может привести к снижению расхода топлива за счет улучшения аэродинамики и снижения сопротивления качению. Также, использование пневматических элементов в подвеске автомобиля отражает использование современных технологий и подходов к конструированию, что делает автомобиль более конкурентоспособным на рынке.

Современная автомобильная индустрия постоянно стремится к инновациям и усовершенствованиям, чтобы обеспечить потребителям комфортное, безопасное и эффективное средство передвижения. В этом контексте разработка новых технологий и систем для улучшения ходовых качеств автомобилей играет ключевую роль. Одним из таких направлений является внедрение пневматических элементов в подвеску автомобилей для повышения комфорта и управляемости.

Данный дипломный проект посвящен разработке подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA Vesta. LADA Vesta – популярная модель отечественного производителя, которая заслужила

признание благодаря своей надежности и доступной цене. Однако, для удовлетворения современных требований автолюбителей к комфорту и управляемости, необходимо произвести оптимизацию ходовых качеств данного автомобиля. В первую очередь, речь идет о повышении уровня комфорта транспортного средства и повышения его эксплуатационной надежности.

В рамках работы будут изучены теоретические основы работы пневматических элементов в автомобильной подвеске, разработаны концепции интеграции данных элементов в подвеску LADA Vesta, проведены испытания и анализ результатов для подтверждения эффективности предложенных решений.

Также в рамках дипломного проекта будет произведена разработка технологического процесса сборки пневматической подвески транспортного средства. Разработана технология сборки, которая может быть реализована в мелкосерийном производстве модели.

Результаты дипломного проекта могут способствовать усовершенствованию подвески автомобиля LADA Vesta, повышению уровня комфорта и безопасности, а также обозначат новый этап в развитии автомобильной индустрии отечественного производителя.

1 Анализ существующих конструкций и выбор необходимого технического решения

1.1 Общие сведения и требования к подвеске

«В подвеске автомобиля можно выделить три группы элементов: направляющие - рычаги, упругие - пружины и стабилизаторы, и демпфирующие – амортизаторы» [9].

«Две последних, то есть стабилизаторы, пружины и амортизаторы, являются краеугольным камнем в большинстве споров о ходовых качествах автомобилей. И это во многом справедливо, ведь перечисленные детали определяют столь ощутимые и важные параметры как плавность хода, валкость и характер управляемости. Конструкция же подвески - геометрия рычагов - зачастую остается в тени, хотя по своей значимости и влиянию на поведение автомобиля ничуть не уступает остальным факторам.

Итак, что же определяет конструкция подвески. Прежде всего, она задает траекторию движения колеса в ходе сжатия и отбоя. В идеальном случае эта траектория должна быть такой, чтобы колесо всегда оставалось перпендикулярным дороге, дабы площадь контакта шины с покрытием была максимальна. Однако, как мы увидим дальше, добиться этого удается редко – как правило, в процессе сжатия подвески у колес меняется развал, а в повороте они наклоняются в сторону вместе с кренящимся кузовом. И чем значительней их отклонение от вертикали, тем меньше пятно контакта шин. Таким образом, устойчивость автомобиля, уровень его сцепления с дорогой – параметры, всецело определяемые конструкцией подвески.» [5]

«Геометрия рычагов влияет и на управляемость, только здесь сказывается уже нестабильность схождения колес. Последствия представить нетрудно – на неровностях автомобиль начинает рыскать, а в повороте проявляется склонность к избыточной или недостаточной поворачиваемости. Это явление можно использовать и во благо, компенсируя, например,

склонность к сносу у переднеприводных моделей. Постоянной, как правило, оказывается и колея автомобиля – даже небольшой ход подвески может приводить к её изменению на пару сантиметров. Все это, разумеется, ведет к увеличению сопротивления движения, а, в конечном счете, и к росту расхода топлива и ускоренному износу шин. Но куда опаснее тот факт, что при этом снижается устойчивость прямолинейного движения, ведь сцепные свойства шин «расходятся» не на удержание автомобиля, а на сопротивление расходящимся в стороны колесам.» [9] Схема развала представлена на рисунке 1.

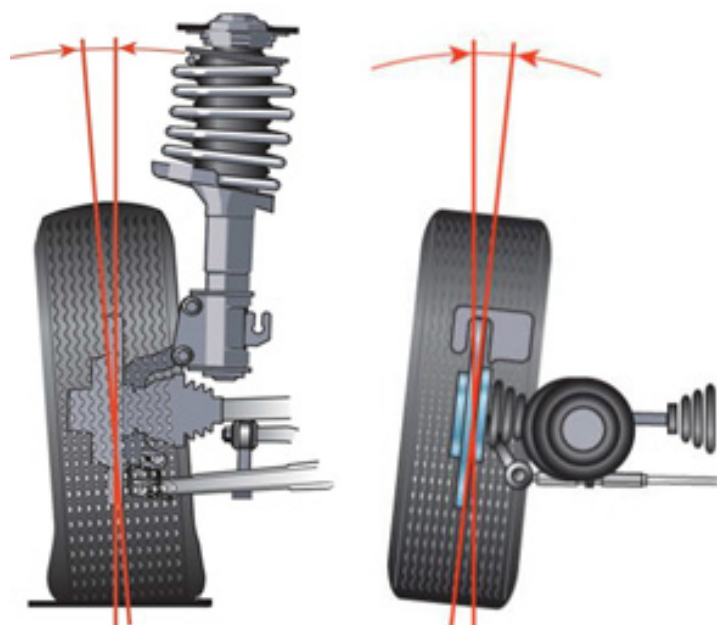


Рисунок 1 – Развал колеса

«Сказывается конструкция подвески и на плавности хода. Величиной неподрессоренных масс, куда входит и масса всех рычагов (хотя и не полностью, так как они одним концом крепятся к кузову), а, во-вторых, своим внутренним трением. Дело в том, что многие современные подвески, в особенности многорычажные, обладают способностью двигаться только за счет деформации резинометаллических шарниров, сайлент-блоков, используемых для крепления рычагов. Замени их на жесткие подшипники – и

подвеска окаменеет, потеряет способность двигаться, ведь каждый из рычагов вокруг своей точки крепления описывает окружность, а эти окружности пересекаются максимум в двух точках. Применяя же резинометаллические шарниры (причем с варьирующейся жесткостью по разным направлениям), удастся достичь более сложной кинематики рычагов и обеспечить-таки ход подвески, правда, одновременно увеличив и трение. А чем оно выше, тем хуже фильтрация неровностей» [9].

В первую очередь, комфортность, безопасность и управляемость обеспечивается углами крена подвески. Как следует из описания, принятого в литературе, характеризующую кинематику работы узлов подвесок, «речь идет не о пружинах и амортизаторах, а именно о схеме расположения рычагов. Их конструкция задает центр поперечного крена – упрощенно говоря, точку, вокруг которой кренится кузов. Обычно она находится ниже центра тяжести – точки приложения силы инерции, а потому в повороте автомобиль наклоняется наружу. Однако, меняя расположение и наклон рычагов, центр крена можно повесить, уменьшив или даже полностью устранив наклон кузова. Если же эта точка окажется выше центра тяжести, то крен снова появится, но уже в обратную сторону - внутрь поворота, как у мотоцикла! Но это в теории, а на практике попытки повесить центр крена сопровождаются рядом проблем вроде слишком сильного изменения колеи, а потому речь идет лишь о некотором уменьшении кренов, но и оно того, безусловно, стоит. Таким образом, проектирование подвески – задача очень ответственная и трудная, а её решение – это всегда поиск компромисса.» [9]

Для понимания, какой из существующих типов конструкции подвесок наиболее полно соответствует тем требованиям, которые предъявляются к подвеске автомобиля, требуется определить типологию конструкций и выявить сильные и слабые стороны каждого из типов. Рассмотрим наиболее распространённые типы подвесок.

1.2 Подвеска на двойных рычагах

Конструкция подвески на двойных рычагах - это тип подвески автомобиля, который состоит из двух параллельных рычагов, которые крепятся к шасси автомобиля и к колесной стойке. Одна пара рычагов обычно расположена вертикально, а другая пара горизонтально. Конструкция подвески представлена на рисунке 2. Этот тип подвески обычно используется в автомобилях более высокого класса или спортивных автомобилях, где требуется точное управление и хорошая устойчивость на высоких скоростях.

«Преимущества такой конструкции – очень широкие возможности для настройки. Например, варьируя угол наклона рычагов, можно задавать высоту поперечного крена, а, выбирая их длину – управлять изменением колеи и развала.» [9].



Рисунок 2 – Подвеска на двойных рычагах.

«Как правило, верхний рычаг делают короче нижнего, что позволяет при минимальном расширении колеи придавать колесам отрицательный развал в ходе сжатия - проще говоря, сделать так, чтобы, сжимаясь, подвеска «заваливала» верх колеса внутрь. Теперь в повороте нагруженное внешнее колесо оказывается уже гораздо ближе к вертикали, поскольку отрицательный развал частично компенсирует наклон колеса вместе с кузовом. Конечно, в этом тоже есть негативная сторона – меняющийся развал ухудшает условия работы покрышек в момент торможения, когда подвеска так же сжимается. А потому конструкторам приходится поразмышлять и над продольным наклоном рычагов – при их определенном положении подвеска может активно препятствовать клевку на торможении.» [9]

«Большим преимуществом подвески так же является возможность получения высокого центра крена. В данном случае его можно расположить на любой высоте, но с некоторого момента этот подъем вызывает непостоянство колеи на ходе сжатия.

Из-за относительно большой высоты двухрычажная подвеска чаще всего применяется на передней оси. Впрочем, её можно сделать и компактнее, но для этого рычаги уже нужно крепить к подрамнику, так как при их сближении возрастает усилие на опоры. Поэтому на задней оси, где нежелательно отнимать место у багажника, двухрычажная подвеска собирается именно на подрамнике.» [10]

1.3 Подвеска Макферсон

Подвеска Макферсона - это один из наиболее распространенных типов подвесок, который обычно применяется в легковых автомобилях. В конструкции подвески Макферсона используется амортизатор и пружина, которые интегрированы в одну единую сборку. Это упрощает конструкцию и снижает количество деталей. Этот тип подвески обеспечивает комфортное управление автомобилем и обеспечивает хорошую амортизацию неровностей

дороги. Подвеска Макферсона часто используется в передних колесах легковых автомобилей, так как обеспечивает хорошую управляемость и устойчивость при движении. Конструкция подвески представлена на рисунке 3.

«Объясняется это простотой конструкции, легкостью и небольшой шириной, что делает её незаменимой в условиях тесноты современных моторных отсеков. Однако на задней оси, где требования к компактности уже не так актуальны, её встретишь нечасто.» [9].

«В отличие от двухрычажной схемы в подвеске Макферсон остался только нижний поперечный рычаг, а вместо верхнего функции направляющего элемента исполняет амортизаторная стойка, упирающаяся в брызговик. Лишившись верхнего рычага, подвеска потеряла и способность к изменению развала при относительно стабильной колее, а возможности настройки резко сократились. Фактически конструкторам приходится выбирать: либо наклонить рычаг наружу и получить благоприятное изменение развала (то есть устойчивость в поворотах) ценой непостоянства колеи, либо расположить его ближе к горизонтали, и, наоборот, стабилизировать колею (то есть улучшить устойчивость на прямой), снизив сцепление в поворотах. Как правило, выбирают первый путь, в которого пользу говорит и возможность получения высокого центра крена. Конечно, это характерно и для других типов подвески, но в гораздо в меньшей степени, а потому на задней оси, которая обычно и воспринимает дополнительный вес, Макферсон применяется редко.» [13]

направляющего элемента исполняет амортизаторная стойка, упирающаяся в брызговик. Лишившись верхнего рычага, подвеска потеряла и способность к изменению развала при относительно стабильной колее, а возможности настройки резко сократились. Фактически конструкторам приходится выбирать: либо наклонить рычаг наружу и получить благоприятное изменение развала (то есть устойчивость в поворотах) ценой непостоянства колеи, либо расположить его ближе к горизонтали, и, наоборот, стабилизировать колею (то есть улучшить устойчивость на прямой), снизив сцепление в поворотах. Как правило, выбирают первый путь, в которого пользу говорит и возможность получения высокого центра крена. Кстати, его положение определяется все тем же наклоном рычага, а потому здесь кроется и еще одна неприятность – заметное увеличение кренов по мере загрузки автомобиля, когда подвеска проседает, и рычаг меняет наклон. Конечно, это характерно и для других типов подвески, но в гораздо в меньшей степени, а потому на задней оси, которая обычно и воспринимает дополнительный вес, Макферсон применяется редко.» [9]

«К недостаткам можно отнести и повышенное трение в амортизаторной стойке, что ухудшает фильтрацию неровностей и дорожных шумов, а также увеличивает нагрузку на брызговик. Именно поэтому подвеску Макферсон почти не встретишь на внедорожниках (исключение Range Rover), хотя она и обеспечивает большой ход колеса.

А вот на некоторые спортивные автомобили эта подвеска устанавливается, в частности на Porsche 911 и Cayman – жесткие амортизаторы и пружины ограничивают ход колес, и недостатки подвески почти не проявляются.» [10]

В целом, несмотря на недостатки конструкции, подвеска типа Макферсон остается наиболее распространенным типом передней подвески, за счет своей простоты находящей свое применение в первую очередь в автомобилях наиболее массового сегмента.

1.4 Полузависимая подвеска со скручивающейся балкой

Полузависимая подвеска со скручивающейся балкой (иногда также называемая торсионной балкой) является типом подвески, который обычно применяется на задней оси легковых автомобилей. Подвеска со скручивающейся балкой является популярным выбором для производителей автомобилей благодаря своей надежности, простоте и хорошей сочетаемости управляемости с комфортом.

«Наиболее распространенный пример торсионной подвески – задняя полунезависимая подвеска легковых автомобилей с передним приводом. Данная подвеска представляет собой два продольных рычага, которые соединены между собой H-образной балкой, как показано на рисунке 4.» [9].



1- резинометаллический шарнир; 2- амортизатор; 3- поперечная балка(торсионная балка); 4- витая пружина; 5- ступица колеса; 6-продольный рычаг.

Рисунок 4 – Схема полузависимой подвески со скручивающейся балкой

Основным элементом этой подвески является балка, которая имеет возможность скручивания. Это позволяет балке подстраиваться под неровности дороги и обеспечивать лучшую устойчивость автомобиля. Подвеска с скручивающейся балкой отличается относительно простой конструкцией, что упрощает процесс сборки и обслуживания.

В этом типе подвески используются упругие элементы (обычно пружины), которые помогают амортизировать удары и неровности дороги. Колеса крепятся к балке с помощью амортизаторов и пружин, а также других деталей подвески для обеспечения правильного положения колес относительно кузова автомобиля.

Подвеска со скручивающейся балкой часто применяется на задних осях легковых автомобилей, где требуется хорошая комбинация управляемости, комфорта и простоты конструкции. Этот тип подвески обеспечивает хорошую управляемость автомобиля и комфорт при движении, хотя его характеристики могут отличаться в зависимости от конкретной конструкции и настроек.

«Также стоит обратить внимание, что торсионная подвеска может регулироваться по жесткости, чего не позволяет делать классическая пружинная. На некоторых автомобилях регулировка жесткости подвески производится автоматически или вручную дистанционно при помощи электродвигателей, которые регулируют предварительное усилие торсионов.»
[9]

1.5 Пневматическая подвеска

Пневматическая подвеска является специальным типом подвески, использующей воздушные пружины вместо традиционных стальных пружин. Основным компонентом пневматической подвески являются воздушные пружины, которые наполняются сжатым воздухом. Давление в пружинах может регулироваться для изменения жёсткости подвески и высоты подвески автомобиля. Для подачи воздуха в пружины используется компрессор,

который может быть автоматически управляемым или регулируемым вручную. Как и в других типах подвески, в пневматической подвеске используются демпферы (амортизаторы), которые обеспечивают амортизацию ударов и неровностей дороги.

Пневматическая подвеска позволяет регулировать высоту автомобиля в зависимости от обстоятельств. Например, высоту можно увеличивать при движении по плохим дорогам или утапливать автомобиль для удобства посадки и высадки пассажиров. За счет всех перечисленных конструктивных особенностей, этот тип подвески обеспечивает наиболее плавное и комфортное движение автомобиля за счёт возможности регулировки жёсткости и высоты подвески. Это также может положительно сказываться на управляемости автомобиля. Именно по этим причинам, пневматические подвески широко применяются в автомобилях премиум-класса, грузовиках, автобусах, а также в специализированных автомобилях, например, внедорожниках для улучшения проходимости.

«Пневматическая подвеска автомобиля – это разновидность подвески, при помощи которой имеется возможность регулировки клиренса (высоты кузова относительно дорожного полотна). В настоящее время пневмоподвеска довольно широко применяется на грузовиках и полуприцепах. Легковые автомобили также оборудуются пневмоподвеской, показанной на рисунке 5 и рисунке 6, однако это касается в большей степени машин бизнес-класса. В пневматической подвеске в качестве упругих элементов применяются пневмоупоры на каждом колесе» [9].



Рисунок 5– Передняя пневматическая подвеска

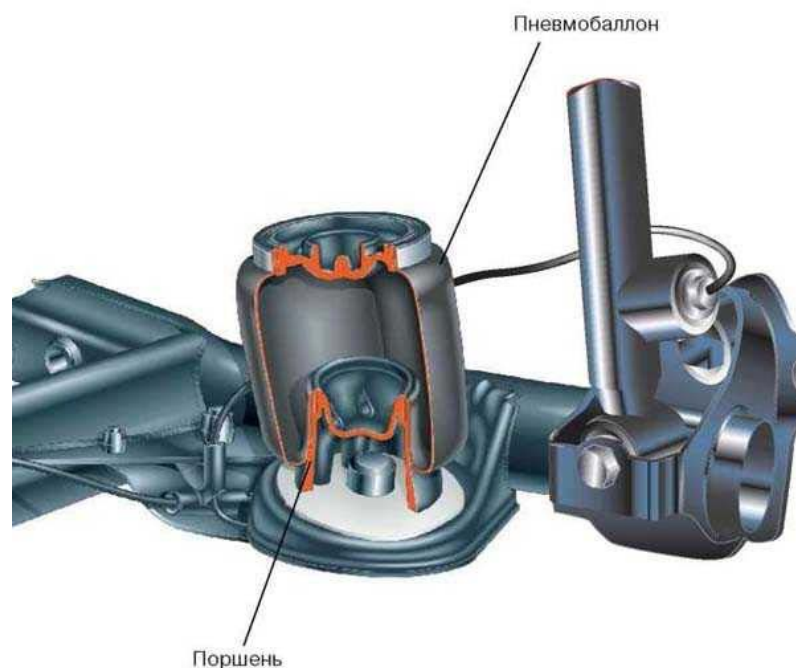


Рисунок 6– Задняя пневматическая подвеска

«Стоит отметить, что пневматическая подвеска не является отдельным видом подвески автомобиля. Пневмоподвеска может основываться на

конструкциях уже имеющихся подвесок. Пневмоэлементы могут быть смонтированы на стойках Макферсон, многорычажной подвеске, упругой балке и прочих. Основным предназначением пневмоподвески является обеспечение более высокого уровня безопасности и комфорта при вождении. Стоит отметить, что адаптивная подвеска многих автомобилей бизнес-класса основана именно на пневматических упругих элементах с динамически изменяющейся жесткостью.» [9]

«Разновидности пневматических подвесок Можно выделить три основных типа пневмоподвески: одно-, двух- и четырехконтурная, рисунок 7. Также следует отметить, что пневмоподвеска может входить в комплектацию автомобиля, а может устанавливаться и самостоятельно. При самостоятельной установке наиболее часто пневмоподвеска позволяет лишь изменять высоту кузова в ручном режиме.» [13]



Рисунок 7– Виды пневматических подвесок по контурам

«Одноконтурная система устанавливается только на одну ось автомобиля. Это может быть как передняя, так и задняя ось. В штатном исполнении одноконтурной системой наиболее часто комплектуются грузовые автомобили и седельные тягачи. В данном случае имеется возможность регулировки жесткости задней оси в зависимости от загрузки автомобиля. Двухконтурная система пневмоподвески может быть установлена

как на одну ось, так и на две. В случае с установкой на одну ось, осуществляется независимое регулирование колес. Если двухконтурная система осуществляет управление двумя осями, то это аналогично двум одноконтурным системам. Четырехконтурная система является наиболее сложной, но и наиболее функциональной. В такой системе осуществляется регулировка пневмоподпора каждого колеса. В четырехконтурных система, как правило, применяется электронный блок управления, который в совокупности с датчиками осуществляет автоматическую регулировку давления в пневмоэлементах.» [9]

«Пневмоподвеска позволяет регулировать высоту кузова в ручном и автоматическом режиме. В ручном режиме водитель имеет возможность самостоятельно увеличивать или уменьшать дорожный просвет автомобиля. А если в конструкции подвески имеются пневматические амортизаторные стойки, то в этом случае также имеется возможность регулировки жесткости подвески. Автоматический режим работы разных подвесок может существенно отличаться. Стоит отметить, что в автоматическом режиме работают именно адаптивные подвески, в обязанности которых входит поддержание определенного клиренса и жесткости амортизаторов в зависимости от различных условий. Наиболее часто в алгоритме работы адаптивной пневмоподвески используются такие параметры как скорость, ускорение, наклон и прочие.» [10]

«Все конструкции имеют свои особенности, определяющие их уникальные плюсы и минусы. А потому можно лишь говорить об универсальности, балансе характеристик, и в этом случае однозначными лидерами оказываются двухрычажные и многорычажные подвески.» [9]

Выводы по результатам проведенного в главе анализа возможных конструкций подвески автомобиля могут быть следующие.

Проведенный анализ различных конструкций подвесок автомобилей позволил выявить их основные преимущества и недостатки. Это позволяет лучше понять требования к идеальному техническому решению подвески. Из

анализа становится ясно, какие конкретные критерии играют важную роль при выборе технического решения для подвески автомобиля: комфорт, управляемость, проходимость, надежность, экономичность и прочее.

На основе проведенного анализа и учёта ключевых критериев, было сделано предпочтение пневматической подвески как наиболее подходящему для конкретных целей проекта.

Основным критерием выбора явились эксплуатационные характеристики подвески, которые обеспечивают наибольшую плавность хода и прогрессивные характеристики работы пневматической пружины, в отличие от линейной характеристики стальных пружин. Кроме того, следует отметить возможность подстройки жесткости пружины в зависимости от условий движения, характеристик дорожного покрытия, степени загруженности автомобиля. Несмотря на то, что бортовое оснащение транспортного средства потребует установку дополнительных агрегатов, подобное техническое решение будет означать, что эксплуатационные характеристики разрабатываемой подвески будут значительно превосходить характеристики базовой подвески, что соответствует целям и задачам проекта.

Дальнейшее направление исследований может быть направлено на автоматическую подстройку жесткости подвески в зависимости от условий движения автомобиля, что даст еще большие возможности для технического совершенствования подвески Lada Vesta.

Важно подчеркнуть, что выбор технического решения подвески автомобиля является ключевым этапом проектирования и влияет на общую производительность и характеристики автомобиля. Таким образом, правильный выбор подвески существенно влияет на комфорт и безопасность автомобиля.

2 Патентные исследования конструкции, взятой на проработку

Пневматическая подвеска в современных автомобилях становится всё более популярным решением благодаря своим уникальным характеристикам, таким как регулируемая жёсткость, комфорт и управляемость. Подобные системы активно применяются в различных классах автотранспорта, от легковых до грузовых автомобилей.

В данном разделе дипломного проекта предпринимается попытка провести патентные исследования с целью изучения уже существующих конструкций пневматической подвески. Это позволит не только понять текущее состояние данного технологического направления, но и выявить потенциальные новшества и усовершенствования, которые могут быть реализованы в рамках проекта.

Целью данного раздела является анализ и сравнение патентных данных, а также выявление тенденций в развитии конструкций пневматической подвески. Это позволит создать фундаментальную базу для дальнейших исследований и разработок в области совершенствования данного типа автомобильных систем.

В рамках исследования планируется рассмотреть как патентные описания, так и графические материалы, связанные с конструкциями пневматической подвески, с целью выявления инновационных аспектов и возможностей для адаптации и применения этих технологий в практических автомобильных разработках.

На рисунке 8 представлена схема пневматической подвески легкового автомобиля по патенту США, US5632471A.

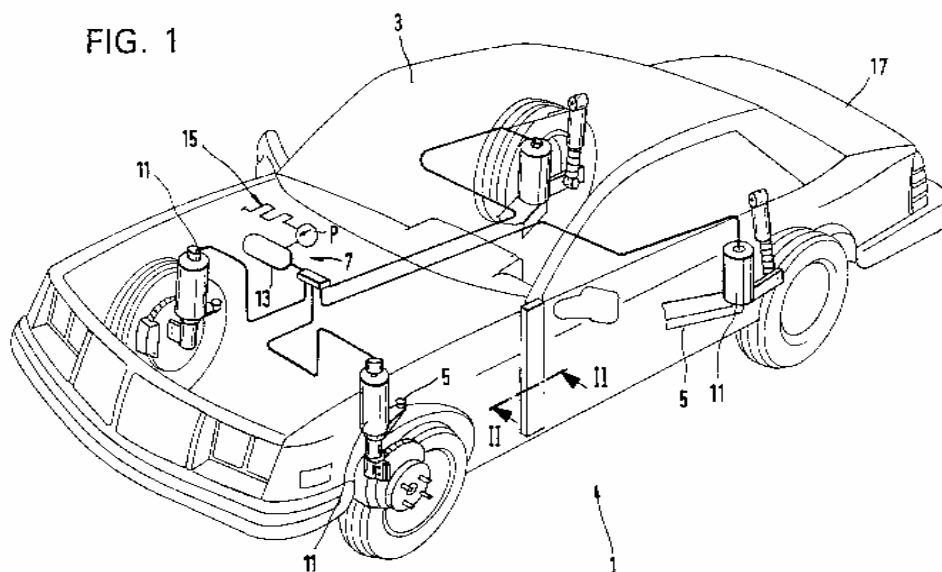


Рисунок 8 - Общая иллюстрация системы пневматической подвески в моторном транспортном средстве по патенту US5632471A

«На рисунке 8 показан автомобиль 1, который включает в себя кузов 3 и раму 5 транспортного средства. Рама 5 содержит пневматическую подвесную систему 7 для рамы 5 и осевых частей 3. Система 7 пневматической подвески включает в себя пневматические пружины 11, которые закреплены на колесах рамы транспортного средства 5. Пневматические пружины 11 предпочтительно соединены с баллоном сжатого воздуха 13 и насосом 15, который используется для заполнения баллона сжатого воздуха. Различные клапаны предпочтительно управляют соединением между воздушными пружинами и баллоном сжатого воздуха, но эти клапаны не показаны на чертеже, ради простоты.

Кузов транспортного средства может включать, среди прочего, кузов 17, который включает в себя отдельные, в основном двумерные части, но также

включает полые тела. В частности, пассажирский салон и многие несущие части кузова образованы полыми корпусами.» [14]

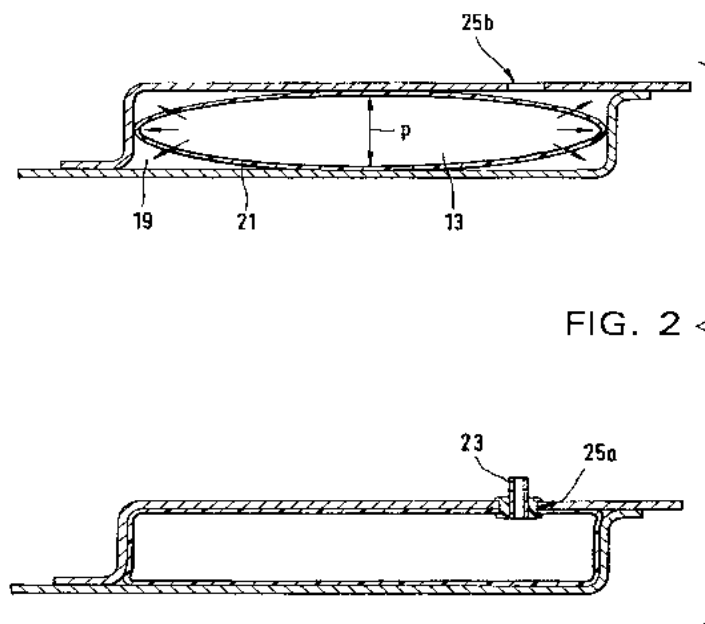


Рисунок 9 – Поперечное сечение полового корпуса по патенту US5632471A

«На рисунке 9 показано, как может выглядеть поперечное сечение полового корпуса, например стойка, содержащая дверные защелки для передних дверей. Полость 19 полового корпуса может иметь замкнутую стенку. Гибкая оболочка или пузырь 21 предпочтительно образует сам контейнер со сжатым воздухом, в результате чего по соображениям безопасности и надежности оболочка реализуется в виде многослойной конструкции. Стенка полового корпуса предпочтительно поддерживает оболочку или пузырь 21 со всех сторон, так что требования к прочности оболочки достаточно низки. Замкнутый, и таким образом обжатый воздушный контейнер таким образом способны использовать даже полости с сложными формами. Для соединения

с системой пневматической подвески предпочтительно имеется воздушное соединение 23, которое одновременно является компонентом оболочки 21. Целесообразно одновременно вулканизировать воздушное соединение с оболочкой при изготовлении последней.» [9]

«В соответствии, по меньшей мере, с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения, эти схемы показаны альтернативно на рисунке 10 можно было бы предположительно предусмотреть для любого из различных видов использования. Например, можно себе представить, что схемы, проиллюстрированные на рисунке 10 могут быть сконфигурированы для подачи сжатого воздуха к другому компоненту автомобиля, требующему сжатого воздуха, якобы, через соединение 23 или другое подходящее соединение.» [12]

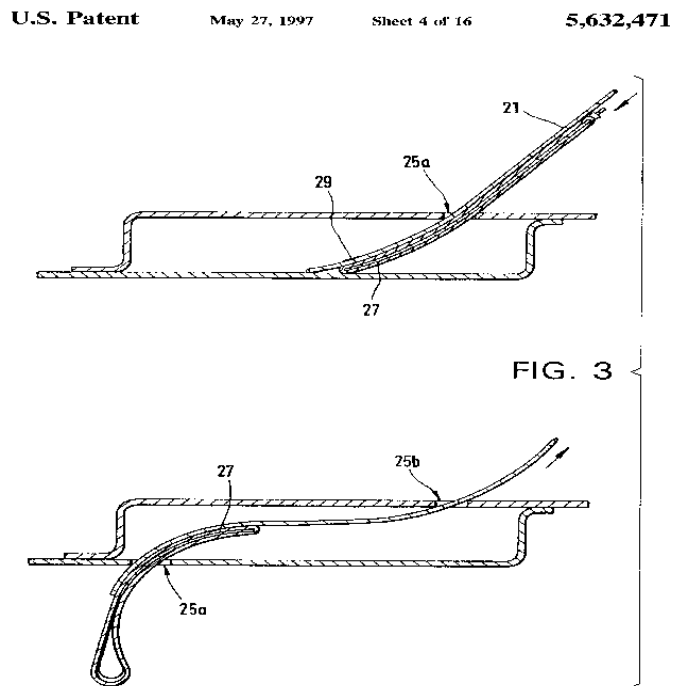


Рисунок 10 – Способ установки оболочки по патенту US5632471A

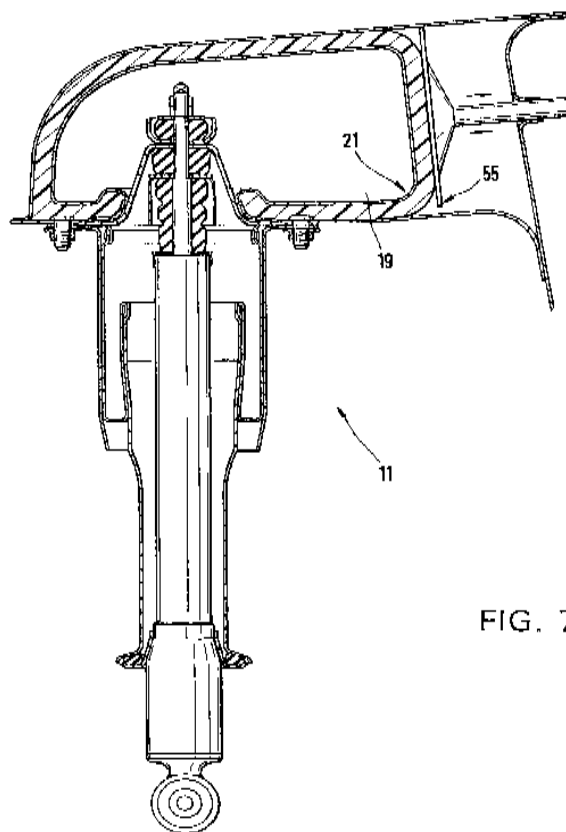


FIG. 7

Рисунок 11 – Емкость со сжатым воздухом по патенту US5632471A

«Баллон сжатого воздуха или воздушная пружина 11, иллюстрированные на рисунке 11 в значительной степени совпадают с вариантом, показанным на рисунке 8. Следует отметить, что гибкая оболочка 21 также может быть меньше полости 19. В этом случае предпочтительно, чтобы гибкая оболочка могла выдерживать рабочее давление без опоры на стену. Затем размеры оболочки не зависят от размера полости. На рисунке 11 также показано, что на скорость подвеса или скорость пружины воздушной пружины 11 может влиять часть стенки 55, которая выполнена в виде оседающей подвижной пластины, т. е. выходное давление внутри гибкой оболочки может быть увеличено за счет уменьшения объема полости. Гибкая оболочка и, следовательно, воздушная пружина могут быть заполнены с помощью одноразовой трубки для заполнения воздухом, не показанной. После этого одноразовую трубку соединения завалки воздуха можно сварить

закрытой, так, что никакие потери давления не смогут произойти, и никакие блоки насоса, необходимые для дальнейшей эксплуатации.

Соответственно, в соответствии по меньшей мере с одним предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения гибкие оболочки 21 общего типа, описанного выше, могут использоваться совместно с воздушными пружинами 11. Другими словами, конверт 21, как показано на рисунке 11, может иметь такой значительно меньший объем, чем окружающая полость, что он не контактирует и не поддерживается никакими стенками полости. В этом случае оболочка 21 предпочтительно будет способна выдерживать рабочее давление без опоры на стенку.» [13]

Другим патентом будет являться патент на пневматическую пружину, выданный европейским патентным ведомством, номер патента EP0944486.

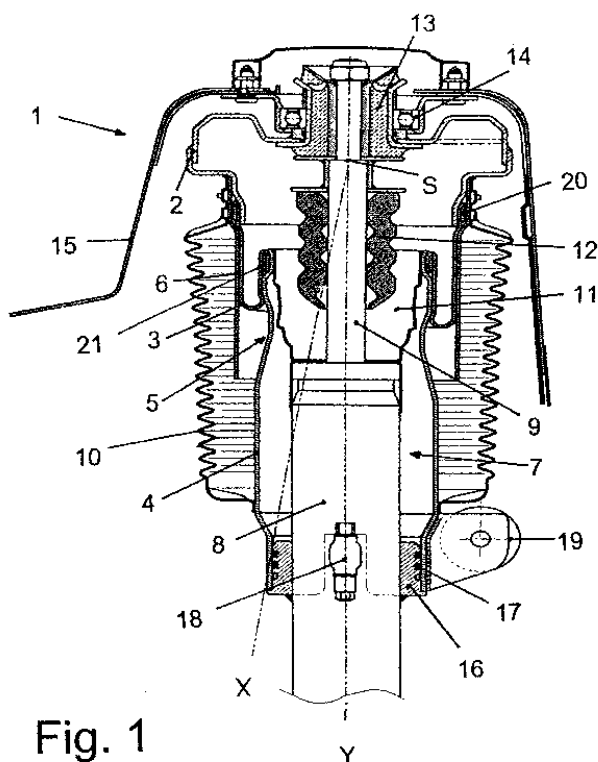


Рисунок 12 - Вид сечения пневматической пружинной системы по патенту EP0944486

«Система 1 пневматической пружины имеет бак 2 пневматической пружины с интегрированным подшипником 13 распорки подвеса, который присоединен к корпусу 15. Кроме того, шариковый подшипник 14 расположен между опорой стойки и кузовом транспортного средства.

Соответствующие концы пневматической пружины 3, выполненной из эластомерного материала, закреплены посредством прижимных колец 20 и 21 к резервуару 2 пневматической пружины и поршню 4 пневматической пружины, причем поршень пневматической пружины имеет не вращающийся симметричный контур качения 5 что будет объяснено более подробно в связи с рисунком 12.

Цилиндрическая наружная направляющая 6 для воздушного пружинного сильфона 3 соединена с воздушным пружинным стаканом 2, при этом внешняя направляющая всегда полностью окружает косую петлю воздушного пружинного сильфона.

Демпфирующее устройство 7 состоит из трубки 8 со встроенным поршнем направляющей штока (не показан) и шток 9, который, в свою очередь, прочно соединен с амортизационной стойкой подшипника 13 и при движении проникает через поршневой шток при сжатии и выходит при движении отбоя в трубку 8, дополнительно отличающийся тем, что ослабление оси X под углом к линии движения работает, конкретно с формированием точку пересечения C, в районе соединения штока поршня 9 с рычагом 13.

Между демпфирующим средством 7 и пневматическим демпферным поршнем 4 расположен чашеобразный опорный корпус 11, расположенный над трубкой баллона. 8

Плунжерный шток 9 также имеет стопорный буфер 12 из эластомерного материала, при этом стопорный буфер погружен в горшкообразный опорный корпус 11 во время сжатия.

Тонкостенный защитный сильфон 10 выполнен из эластомерного материала, соответствующие концы наружной направляющей 6 и поршня 4

пневматической пружины, пневматический пружинный сильфон 3 защищает от повреждений, например от падения щебня или песчаной пыли.

Между воздушным пружинным поршнем 4 и контейнерной трубкой 8 имеется герметизирующая колба 16 из жесткого материала (металла или соответствующего пластикового материала). Использование уплотнительных колец в зоне движения поршня также осуществляется в пределах пневмопружинного поршня 4, клапана остаточного давления 18 и впускного клапана 19, расположенных за шарниром.» [14]

Исследование патентов по тематике разработки показало, что в области подвесок с пневматическими элементами существует значительное количество патентов, охватывающих разнообразные конструкции и методы управления. Наиболее часто встречающиеся решения включают системы автоматической регулировки дорожного просвета, адаптивные амортизаторы и интеграцию с системами активной безопасности. Были выявлены ключевые патенты, определяющие современный уровень технологий в области пневматических подвесок. Эти патенты охватывают такие аспекты, как:

- системы управления давлением воздуха в пневматических баллонах;
- конструкции пневматических амортизаторов и их интеграция в подвеску автомобиля;
- решения для улучшения комфорта и устойчивости автомобиля.

Анализ показал, что многие из существующих патентов могут ограничивать свободу действий при разработке новой системы подвески для LADA VESTA. Это требует тщательного изучения и возможного обхода существующих патентов путем разработки уникальных технических решений или модификации существующих технологий. Патентный поиск также позволил выявить текущие тенденции и направления развития технологий пневматических подвесок, включая:

- увеличение уровня автоматизации и интеллектуальности систем управления подвеской;
- интеграция с другими системами автомобиля для улучшения общей

безопасности и производительности;

- использование новых материалов и конструктивных решений для увеличения надежности и долговечности.

Несмотря на наличие большого количества патентов в данной области, был обнаружен потенциал для инноваций, связанных с адаптацией и улучшением существующих технологий применительно к специфическим требованиям автомобиля LADA VESTA, а именно:

- разработку систем с улучшенной энергоэффективностью;
- внедрение новых алгоритмов управления, обеспечивающих более плавную и адаптивную работу подвески;
- создание модульных систем, позволяющих гибко адаптировать подвеску под различные условия эксплуатации.

На основании проведенного патентного поиска можно сделать вывод о наличии значительных возможностей для разработки конкурентоспособной подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA, при условии внимательного анализа и учета существующих патентов, а также применения инновационных подходов и технологий.

3 Описание разрабатываемой конструкции агрегата, узла или системы и условий эксплуатации

3.1 Амортизатор с пневматическим регулированием демпфирования

«Для того, чтобы поддерживать постоянной степень демпфирования и, тем самым, ходовые качества при изменении нагрузки от частичной до полной, в пневматической подвеске автомобиля на передней оси устанавливаются амортизаторы (рисунок 13) с бесступенчатой, изменяющейся в зависимости от нагрузки характеристикой.

Благодаря пневматической подвеске, наряду с сохранением постоянной частоты собственных колебаний кузова, удаётся также достигать почти не зависящей от нагрузки характеристики колебаний кузова автомобиля.» [6]

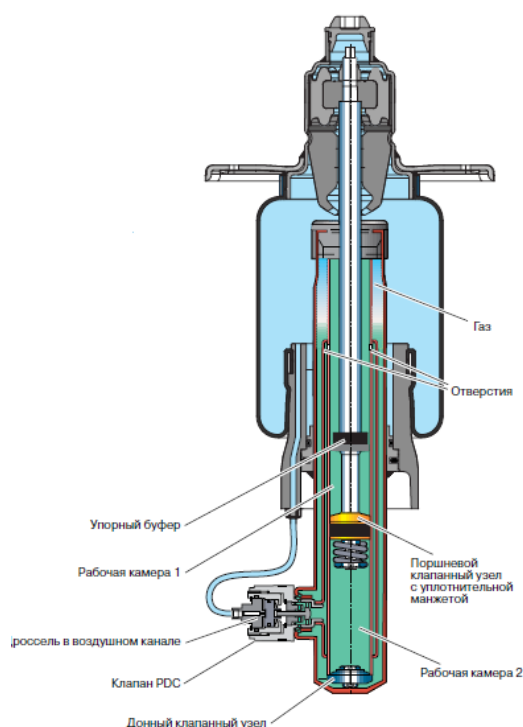


Рисунок 13 – Схема амортизатора с пневматическим регулированием демпфирования

«Изменение усилия демпфирования осуществляется при помощи отдельного клапана PDC, встраиваемого в амортизатор. Он соединен шлангом с пневматическим упругим элементом.

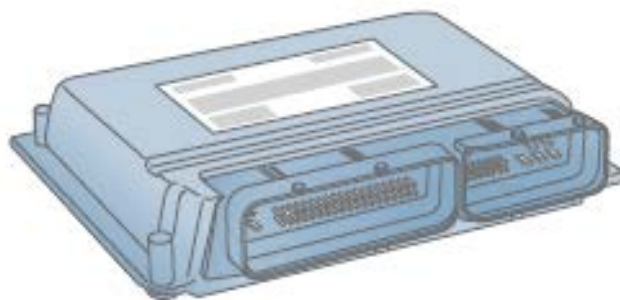
Пропорциональное нагрузке давление в пневматическом упругом элементе изменяет гидравлическое сопротивление клапана PDC, т. е. усилие демпфирования при отбое и сжатии. Чтобы сгладить скачки давления в пневматическом упругом элементе (при сжатии и отбое), во входной воздушный канал клапана PDC встроен дроссель.

Гидравлическое сопротивление клапана PDC находится в определённой зависимости от управляющего давления (давления в пневматическом упругом элементе). Усилие демпфирования зависит от гидравлического сопротивления соответствующего клапана демпфирования (сжатия/отбоя), а также клапана PDC.» [6]

3.2 Блок управления уровнем кузова J197

«Блок управления уровнем кузова J197 (рисунок 14) находится в багажнике, за его боковой обивкой. Блок закреплен винтами за держателем реле и предохранителей. Как центральный блок управления он выполняет следующие функции:

- регулирование пневматических элементов подвески и амортизаторов,
- контроль работы всей системы,
- диагностика всей системы,
- обеспечение связи с другими системами посредством шины CAN (силового агрегата).» [6]



275_083

Рисунок 14 – Блок управления уровнем кузова J197

«Блок управления оснащен двумя дублирующими друг друга процессорами, из которых один в первую очередь обрабатывает алгоритм управления пневматическими элементами, а другой первоочередно регулирует сопротивление амортизаторов.» [11]

3.3 Агрегат подачи воздуха

«Агрегат подачи воздуха (рисунок 15) выполнен в едином блоке, размещенном под днищем кузова в углублении ниши для запасного колеса, рядом с адсорбером. Основание агрегата установлено на виброизоляторах. От загрязнения агрегат защищен пластмассовым кожухом с вентиляционными отверстиями. Забор воздуха в компрессор производится из багажника автомобиля. Воздух очищается в фильтре, объединенном с глушителем шума всасывания. Излишки воздуха выпускаются наружу также через фильтр. Датчик температуры защищает компрессор от перегрева, обеспечивая подачу воздуха в пневматические элементы подвески при всех климатических условиях и режимах движения. В состав агрегата входят:

- блок компрессора с электродвигателем, осушитель сжатого воздуха, клапан остаточного давления, ограничитель максимального давления, выпускной трубопровод с клапаном, глушитель шума

всасывания с фильтром, датчик температуры компрессора (защищающий его от перегрева), пневматический выпускной клапан в комбинации с ограничительным клапаном;

– – блок электромагнитных клапанов с клапанами управления отдельных пневматических элементов и с клапаном ресивера, а также с встроенным в него контрольным датчиком давления в ресивере.» [6]

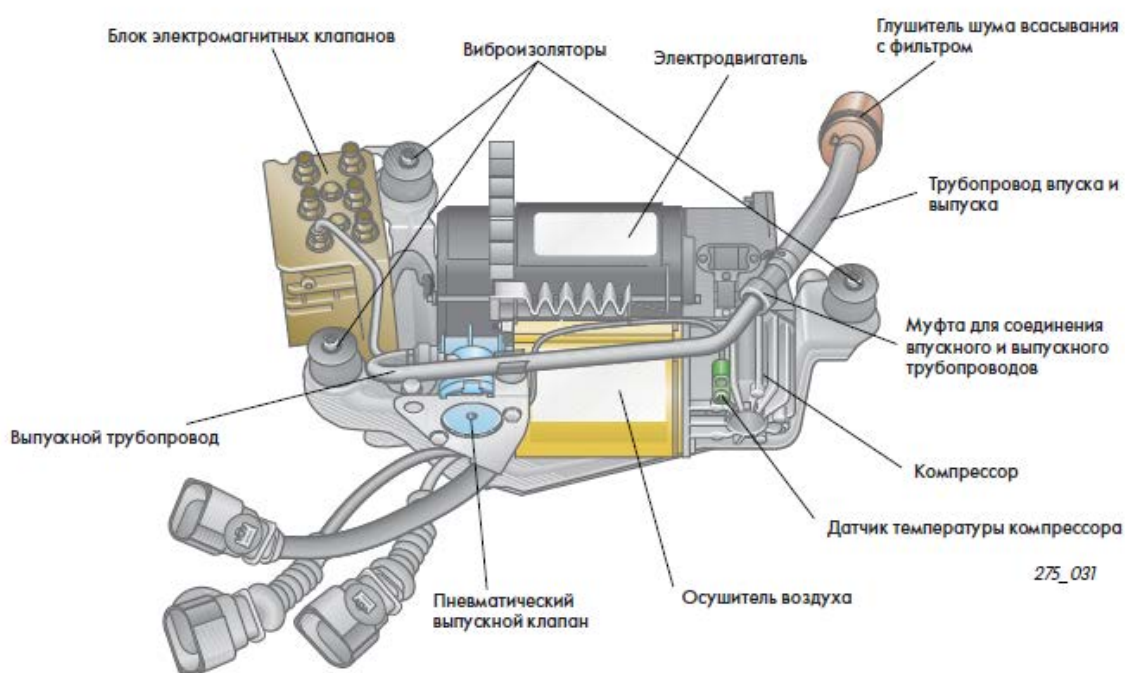


Рисунок 15 – Агрегат подачи воздуха

«Сжатие воздуха производится в одноступенчатом поршневом компрессоре с встроенным осушителем воздуха (рисунок 16). Чтобы предотвратить загрязнение манжет упругих элементов и осушителя воздуха, компрессор приспособлен для работы без смазки его цилиндра.

Необходимый срок службы компрессора обеспечивается применением одноразовой смазки подшипников и фторопластового поршневого кольца. В корпусе осушителя расположены: выпускной клапан N111, пневматический выпускной клапан с ограничительным клапаном и три обратных клапана.

Перегрев компрессора предотвращается выключением электродвигателя при превышении предельного значения температуры.» [11]

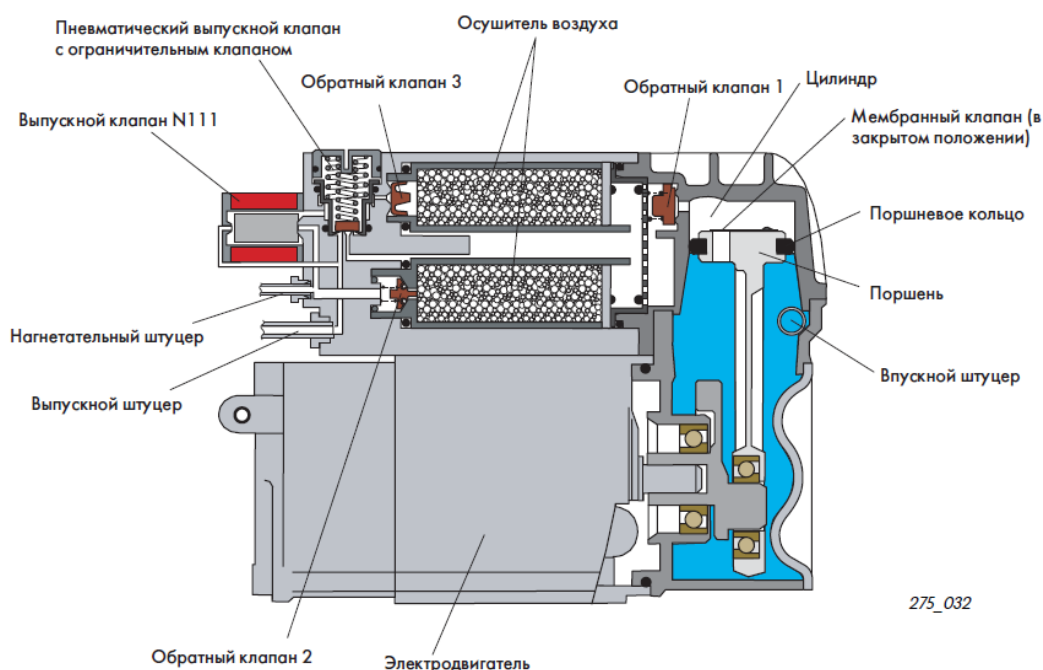


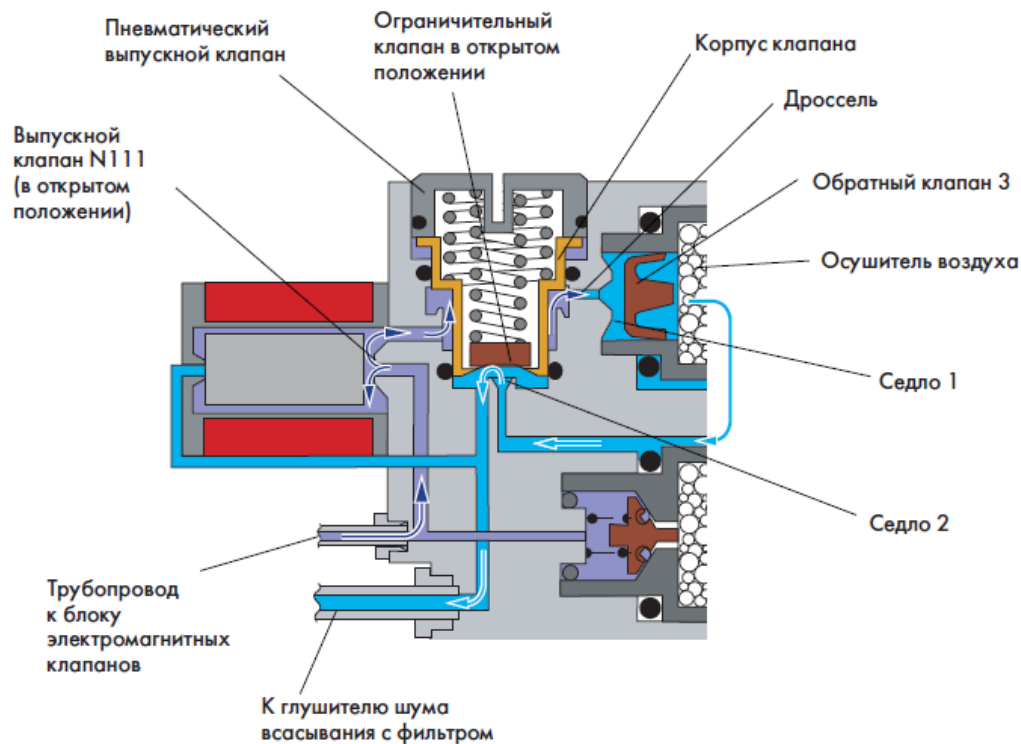
Рисунок 16 – Блок компрессора

3.4 Пневматический выпускной клапан

«Пневматический выпускной клапан (рисунок 17) выполняет две функции:

- удерживает остаточное давление и
- ограничивает давление в системе.

Чтобы предотвратить повреждение упругих элементов, а именно, их манжет, необходимо поддерживать в них давление выше 3,5 бар.» [11]



275_043

Рисунок 17 – Пневматический выпускной клапан

«Благодаря выполнению клапаном соответствующей функции при выпуске воздуха из подвески предотвращается падение давления в ней ниже 3,5 бар (но не при повреждении системы до клапана). Под действием давления в системе более 3,5 бар корпус клапана поднимается с седла 2, преодолевая усилия обеих пружин. В результате обратный клапан 3 также поднимается с своего седла 1. Воздух из упругих элементов перетекает при этом через дроссель и обратный клапан 3 к осушителю. Пройдя осушитель, он перетекает через седло ограничительного клапана и выходит через фильтр в нишу багажника, предназначенную для запасного колеса. Снижение давления воздуха в дросселе приводит к уменьшению его относительной влажности. Таким образом увеличивается осушающее действие выпускаемого из системы воздуха.» [11]

3.5 Осушитель воздуха

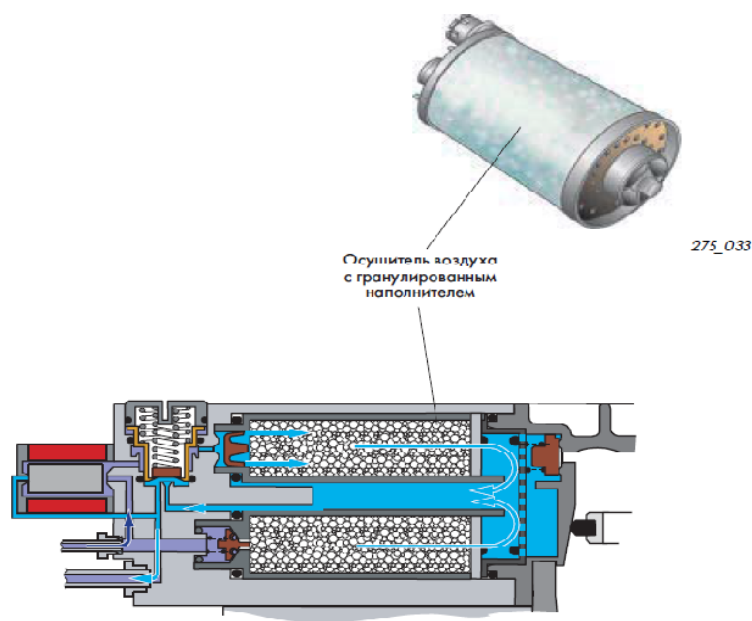


Рисунок 18 – Осушитель воздуха

«Поступающий в систему сжатый воздух должен быть обезвожен, так как конденсат вызывает:

- коррозию
- образование ледяных пробок.

Обезвоживание воздуха производится в осушителе (Рисунок 18). Осушитель работает в режиме регенерации, то есть воздух, нагнетаемый в систему регулирования уровня кузова, осушается в результате пропуска его через гранулированный силикат. Этот гранулят способен поглощать влагу в количествах, превышающих в зависимости от температуры 20% собственной массы. Если в процессе эксплуатации (например, при снижении уровня кузова) производится выпуск сухого воздуха из системы, он пропускается через гранулят и отбирает накопленную в нем влагу. Благодаря такому режиму регенерации осушитель не нуждается в обслуживании. Он не подлежит также замене в процессе эксплуатации. Так как регенерация осушителя производится только выпускаемым из системы воздухом, не следует использовать

компрессор для подачи сжатого воздуха в какие-либо другие емкости. Наличие конденсата или влажного воздуха в системе свидетельствует о нарушении в работе осушителя или самой системы.» [11]

3.6 Ресивер

«Благодаря отбору сжатого воздуха из ресивера (рисунок 19) обеспечивается быстрый подъем кузова автомобиля при минимальном уровне шума. Ресивер заполняется только при движении автомобиля, благодаря чему шум компрессора практически не прослушивается. При достаточно большом давлении в ресивере процессы повышения уровня кузова могут производиться без участия компрессора. Под достаточным давлением подразумевается такой его уровень, при котором обеспечивается перепад давления между ресивером и пневматическими упругими элементами не менее 3 бар. Ресивер изготовлен из алюминия, его емкость равна 5 л. Максимальное рабочее давление приблизительно равно 16 бар» [6].

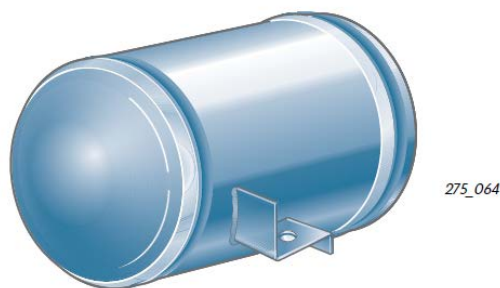


Рисунок 19 – Ресивер

«При скоростях автомобиля до 35 км/ч подача воздуха в систему производится в первую очередь из ресивера (пока давление в нем достаточно велико). Подкачка ресивера производится только при движении автомобиля со скоростями более 35 км/ч. При скоростях более 35 км/ч воздух в систему подается непосредственно компрессором. Эта стратегия подачи сжатого

воздуха способствует снижению шума при эксплуатации и защищает аккумуляторную батарею от чрезмерного разряда.» [6]

3.7 Электромагнитные клапаны

«В системе пневматической подвески предусмотрены шесть электромагнитных клапанов (рисунок 20). Выпускной клапан N111 образует с пневматическим выпускным клапаном особый функциональный блок. Эти клапаны встроены в корпус осушителя воздуха. Выпускной клапан N111 является трехходовым, двухпозиционным (типа 3/2). В обесточенном состоянии он закрыт» [6], [25].

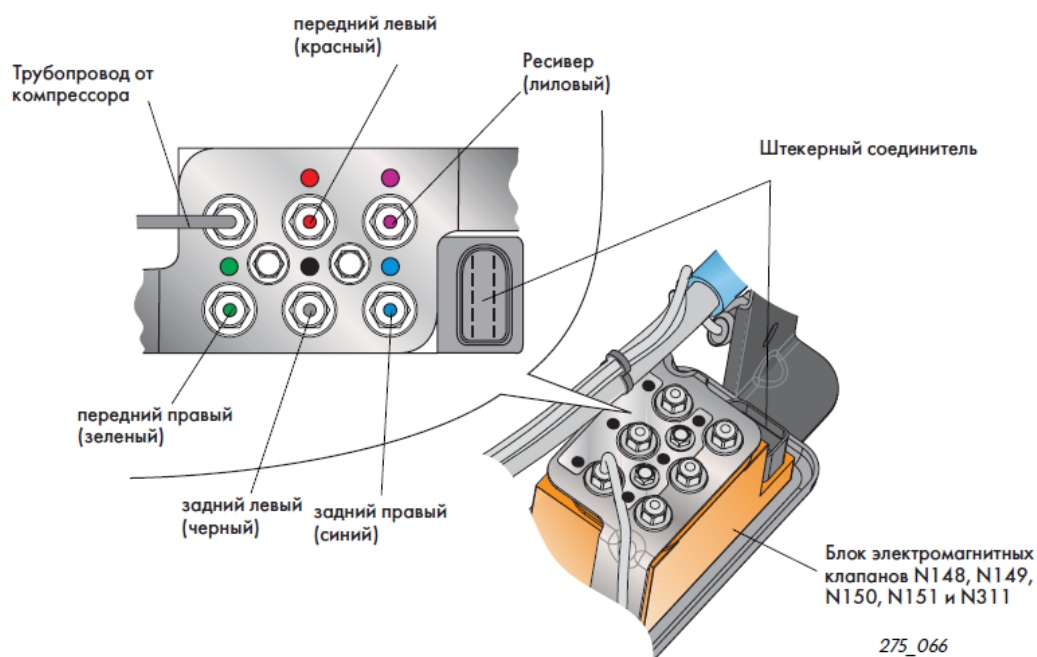


Рисунок 20 – Электромагнитные клапаны

«Пневматический выпускной клапан должен ограничивать давление в системе и поддерживать остаточное давление в ней. Клапан ресивера N311 и клапаны упругих элементов N148, N149, N150 и N151 входят в блок электромагнитных клапанов. Они представляют собою двухходовые

двухпозиционные клапаны. В обесточенном состоянии эти клапаны закрыты. Трубопроводы окрашены в различные цвета, чтобы исключить ошибки при их подсоединении. На блок клапанов нанесены цветные метки, рядом с соответствующими присоединительными штуцерами.» [11], [25]

3.8 Датчик давления G291 в системе регулирования уровня кузова

«Встроенный в блок электромагнитных клапанов датчик G291 (рисунок 21) предназначен для контроля давления воздуха в ресивере и упругих элементах подвески.

Данные о давлении в ресивере используются для оптимизации процесса повышения уровня кузова, а также вводятся в систему самодиагностики. При соответствующем управлении электромагнитными клапанами обеспечивается измерение давления воздуха в ресивере и в каждом из упругих элементов подвески.» [6]

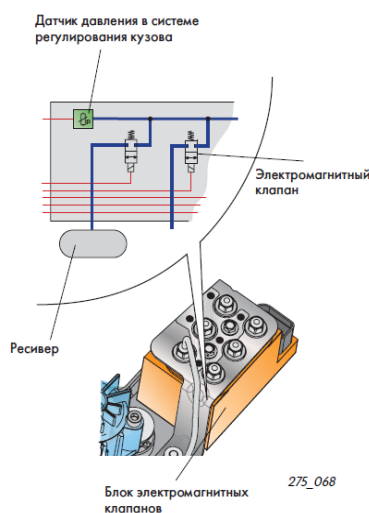


Рисунок 21 – Датчик давления G291

«Измеренные таким образом значения давления вводятся в память блока управления и используются в качестве действующих величин. Дополнительно

к этому давление воздуха в ресивере измеряется (и используется как действующее) при движении автомобиля через каждые шесть минут. Напряжение на выводах датчика G291 пропорционально измеряемому давлению.» [6], [24]

Конструкция пневматической подвески включает несколько ключевых агрегатов и узлов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении надёжной и эффективной работы системы. Основные компоненты пневматической подвески включают:

- пневматические амортизаторы, которые обеспечивают плавность хода и амортизацию ударов;
- компрессор, создающий давление воздуха в системе;
- воздушные баллоны (ресиверы), служащие для хранения сжатого воздуха;
- электронные блоки управления, контролирующие работу системы и обеспечивающие автоматическую регулировку дорожного просвета.

Разрабатываемая пневматическая подвеска предназначена для улучшения комфорта и управляемости автомобиля. Пневматическая подвеска разрабатывается с учётом специфических условий эксплуатации автомобиля LADA VESTA, что включает эксплуатацию в различных климатических условиях, от суровых зим до жаркого лета и работу на дорогах с различным покрытием, включая асфальтированные дороги, грунтовые дороги и бездорожье.

На основании проведённого анализа и описания разрабатываемой конструкции пневматической подвески можно сделать вывод о том, что данная система способна существенно улучшить характеристики автомобиля LADA VESTA. Пневматическая подвеска обеспечивает высокий уровень комфорта и управляемости, что делает её привлекательным решением для современного автомобиля, предназначенного для эксплуатации в широком диапазоне условий.

4 Конструкторский раздел дипломного проекта

4.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

4.1.1 Исходные данные

В разделе производится тяговый расчет автомобиля LADA VESTA, на который, согласно выданному заданию, производится разработка пневматической подвески. Расчет необходим для определения силовых и мощностных характеристик транспортного средства. Исходные данные для расчета включаются в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для тягового расчета

Параметры	Значения
Колесная формула	4x2
Компоновочная схема автомобиля	Переднеприводная
Длина, мм	4350
Ширина, мм	1680
Высота, мм	1420
Снаряженная масса m_0 , кг	1088
Шины	185/65 R 14
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,012
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,32
Передаточное число главной пары	3,9
Передаточное число коробки передач	1,95
Двигатель	1,6 л, 16 клапанов
$N_{e\max}$, кВт/об/мин	74/5600
$M_{e\max}$, Нм/об/мин	145/4000
$n_{e\min}$, об/мин	800-1000
Максимальная скорость V_{\max} , км/ч (м/с)	180 (50)
Коэффициент уклона	0,3
Количество мест	5
Максимальная частота вращения коленчатого вала – $\omega_{e\max}$	630 с^{-1} (6016 об/мин)

4.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики

«Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля N_v (кВт) по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии:» [1]

$$N_v = 1/\eta_{тр} (G_a \cdot q \cdot \rho \cdot V_a + C_x \cdot \rho / 2 \cdot B \cdot H \cdot V_a^3), \quad (1)$$

где ρ - плотность воздуха.

$$N_v = 1/0,92 \cdot (1020 \cdot 9,81 \cdot 0,032 \cdot 45 + 0,3 \cdot 1,29/2 \cdot 1,676 \cdot 1,430 \cdot 45^3) = 57893 \text{ Вт}$$

Находим максимальную мощность двигателя $N_v(\max)$:

$$N_v(\max) = N_v / a \cdot k + b \cdot k^2 - c \cdot k^3 \quad (2)$$

$$N_v(\max) = 60,293 / 0,912 = 62,4 \text{ кВт}$$

Находим мощность (N_e) и крутящий момент (M_e):

$$N_e = N_v(\max) \cdot (a \cdot \omega / \omega_N + b \cdot (\omega / \omega_N)^2 - c \cdot (\omega / \omega_N)^3), \quad (3)$$

где ω – текущая частота вращения коленчатого вала двигателя.

$$\omega_N = \omega(\max)/k \quad (4)$$

$$\omega_N = 650/1,2 = 541 \text{ рад/с}$$

Расчет значений приведен в таблице 2.

Для построения кривой эффективного момента M_e (Нм) применяют формулу:

$$M_e = N / \omega \quad (5)$$

«Результаты расчетов сводят в таблицу 2 и представляют в виде графика. При анализе полученных параметров двигателя решается вопрос о возможности их применения на проектируемом автомобиле двигателя, выпускаемого промышленностью.

При использовании данных следует иметь в виду, что двигатель на стенде испытывают без глушителя, а также без генератора и других потребителей мощности. Например, в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-81. Вследствие этого мощность и момент, указываемые в заводских характеристиках, на 10-20% больше соответствующих параметров двигателя, установленного на автомобиле.» [1], [23]

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика

ω (рад/с)	N_e (Вт)	M_e (Нм)
1	2	3
80	9306,78	116,3348
103,75	12366,41	119,1944
127,5	15520,46	121,7291
151,25	18745,76	123,9389
175	22019,17	125,8239
198,75	25317,56	127,3839
222,5	28617,76	128,6192
246,25	31896,64	129,5295
270	35131,04	130,115
293,75	38297,82	130,3756
317,5	41373,83	130,3113
341,25	44335,93	129,9221
365	47160,96	129,2081
388,75	49825,78	128,1692
412,5	52307,24	126,8054
436,25	54582,2	125,1168
460	56627,51	123,1033
483,75	58420,01	120,7649
507,5	59936,57	118,1016
531,25	61154,04	115,1135
555	62049,27	111,8005
578,75	62599,1	108,1626
602,5	62780,41	104,1998
626,25	62570,02	99,91222
650	61944,81	95,29971

4.1.3 Выбор передаточных чисел трансмиссии

«Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению f или максимальному динамическому фактору на первой передаче D .

В основу выбора U положено условие постоянства средней мощности в процессе разгона автомобиля на всех передачах в одном и том же интервале частоты вращения коленчатого вала двигателя.» [4], [22]

«Ввиду того, что в данном дипломном проекте производятся исследования серийного автомобиля, то данные для дальнейших расчетов можно взять из технического паспорта автомобиля.

Принимаем:

$$U_1 = 3,636$$

$$U_2 = 1,95$$

$$U_3 = 1,357$$

$$U_4 = 0,941$$

$$U_5 = 0,784$$

$$U_{гп} = 3,937$$

Характеристика шин:

Масса шины – 8 кг.

Обозначение обода по ГОСТ 10408-74.

Ширина профиля без нагрузки 175 мм.

Наружный диаметр 620 мм.

Статический радиус $r = 265$ мм.

Максимальная скорость 180 км/ч.

Давление 0,2 мПа» [7], [15]

4.1.4 Силовой баланс автомобиля

«Для обеспечения возможности движения автомобиля, тяговая сила на ведущих колесах P_T должна быть больше силы сопротивления дороги P_d . Тяговая сила определяется в зависимости от крутящего момента M_e :

$$P_T = M_e \cdot U_{гп} \cdot U_{кп} \cdot \eta_{тр} / r \quad (6)$$

Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой. Скорость автомобиля связана с частотой вращения:

$$V_a = r \cdot \omega / U_{гп} \cdot U_{кп} \quad (7)$$

Сила сопротивления воздуха на 4 передаче:

$$P_{в4} = C_x \cdot H \cdot B \cdot V_a^2 \quad (8)$$

Сцепной вес автомобиля:

$$G_{сц} = 0,51 \cdot G_a \quad (9)$$

$$G_{сц} = 0,51 \cdot 1020 = 520 \text{ кг}$$

Сила сцепления колес с дорогой на 1 передаче:

$$P_{сц1} = \varphi \cdot G_{сц} \quad (10)$$

$$P_{сц1} = 0,8 \cdot 520 \cdot 9,8 = 4080 \text{ Н}$$

φ - коэффициент сцепления колес с дорогой» [15]

«Для движения автомобиля по горизонтальному участку дороги без пробуксовки должно выполняться условие:

$$P_T < P_{сц} \quad (11)$$

Сила сопротивления дороги:

$$P_D = G_a \cdot (f+i), \quad (12)$$

где i – уклон дороги;

f – коэффициент сопротивления качению.

$$F = f_0 \cdot (1 + Va^2/2000), \quad (13)$$

где $f_0 = 0,012$

Силовой баланс автомобиля представлен в Приложении Б и на листе графической части» [9], [21]

4.1.5 Мощностной баланс автомобиля

«При равномерном движении автомобиля мощность N_t расходуется только на преодоление сопротивления дороги и воздуха. Если дроссельная заслонка открыта полностью, то наибольшую скорость автомобиль развивает, когда мощность N_t равна сумме мощностей. Для равномерного движения автомобиля по дороге со скоростью, меньшей V_{max} водитель должен прикрыть дроссельную заслонку.

График мощностного баланса для всех передач строят таким же образом, только вместо одной пары кривых N_t наносят несколько в зависимости от числа передач в коробке. При изменении передаточного числа коробки передач U_k изменяется лишь скорость автомобиля, мощность N_e остается без изменений.

При анализе мощностного баланса необходимо уметь рассчитывать степень использования мощности двигателя (отношение мощности, необходимой для движения автомобиля, к мощности на ведущих колесах). График зависимости рассчитывают и строят, так же как и тяговую характеристику. Для этого используют кривую N_e и соотношение $N_t = N_e \cdot \eta_{тр.}$ » [15], [20]

Мощность для преодоления сил сопротивления:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} \quad (14)$$

$$N_D = P_D \cdot V_a \quad (15)$$

$$N_B = P_B \cdot V_a \quad (16)$$

По данным таблицы 2.4 строят график мощностного баланса автомобиля.

4.1.6 Динамическая характеристика автомобиля

«По данным силового баланса рассчитывают и строят динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля.» [6]

$$D = (P_T - P_B) / G_a \quad (17)$$

Произведенные расчеты динамической характеристики представлены в Приложении В и на листах графической части.

4.1.7 Характеристика ускорения автомобиля

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствия буксования ведущих колес находят из выражения:

$$f = 0,012 \cdot (1 + V_a^2 / 2000) \quad (18)$$

$$J = (D - f) \cdot 9,81 / \delta_{вр} \quad (19)$$

где $\delta_{вр}$ – момент инерции вращающихся частей двигателя ($\text{кг} \cdot \text{м}^2$);

График обратных ускорений используют для определения зависимости времени разгона от скорости движения автомобиля. Время разгона в определенном интервале скоростей пропорционально величине площади, лежащей под кривой ($1/j$).

Прием интегрирования кривой обратных ускорений позволяет выбрать теоретически скорости переключения передач.

При малой скорости автомобиля (до 10-15 м/с) коэффициент сопротивления качению f можно считать постоянным. При движении автомобиля с большей скоростью он возрастает вследствие энергетических потерь в шине. Для определения коэффициента сопротивления качению в зависимости от скорости пользуются эмпирической формулой:

$$f = f_0 \cdot (1 + V^2/2000), \quad (20)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью;

V – скорость автомобиля, м/с.» [15]

Расчеты ускорений представлены в Приложении Г и на листах графической части дипломного проекта.

4.1.8 Характеристика разгона автомобиля

«Время и путь разгона автомобиля можно определить графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин. С этой целью кривую обратных ускорений разбивают на интервалы, и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = \text{const}$. Время прохождения такого участка:

$$dT = dVa / 0,5 \cdot (j_n + j_k) \quad (21)$$

Общее время разгона:

$$T_p = dT + (n-1) \quad (22)$$

Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t = f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

В данном случае кривая разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения V .

Площадь элементарного прямоугольника есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_4 до отметки t_5 , двигаясь с постоянной скоростью V .

Путь разгона:

$$dS = 0.5 \cdot T_p \cdot (V_H + V_K) / 3.6 \quad (23)$$

Общий путь разгона:

$$S_p = dS + dP_p, \quad (24)$$

где $dP_p = 1$ – время переключения передачи» [15]

Результаты расчета представлены в Приложении Д и представляются в виде графика на листе графической части. По результатам расчета строится график интенсивности разгона или график зависимости времени t от пути S разгона автомобиля.

4.1.9 Топливо-экономическая характеристика

«Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.

Совершенство конструкции автомобиля оценивают по расходу топлива Q (л), отнесенному к длине пройденного пути S (км). Путевой расход топлива при пробеге автомобиля 100 км (л):» [9]

$$q_n = 100 \cdot Q / S \quad (25)$$

«Измерителем топливной экономичности автомобильного двигателя служат часовой расход топлива G_T (кг/ч) и удельный эффективный расход топлива.

$$G_T = g_e \cdot N_e / 10^6, \quad (26)$$

Путевой расход топлива в литрах на 100 км пути q_n выражается через удельный эффективный расход топлива g_e [г/(кВт·ч)]:

$$q_n = g_e \cdot N_T / 36 \cdot \rho_T \cdot V_a, \quad (27)$$

где ρ_T - плотность топлива (кг/л); V_a - скорость автомобиля (м/с),

Плотность топлива для бензина 0,71 . . . 0,73 кг/л, а для дизельного топлива 0,83 ... 0,87 кг/л.

Эффективность мощности N_e в (3) может быть выражена из мощностного баланса:

$$q_n = g_e \cdot (P_D + P_B) / 36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP} \quad (28)$$

Чтобы определить расход топлива в определенных дорожных условиях; необходимо располагать экспериментальным графиком – нагрузочной характеристикой двигателя. Если экспериментальных данных нет, то можно воспользоваться следующей приближенной методикой, для чего определяют эффективный расход топлива (г /кВт ч) по формуле:

$$g_e = k_{СК} \cdot k_N \cdot g_{e_{min}} \cdot 1,1, \quad (29)$$

где $k_{СК}$ и k_N - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от оборотов двигателя;

$g_{e_{min}}$ – минимальный удельный эффективный расход топлива (г/кВт·ч).
Для бензиновых двигателей $g_{e_{min}} - 290... 380$ г/кВт·ч» [15], [18]

«Для расчета топливно-экономической характеристики используется рассчитанный ранее мощностной баланс на высшей передаче.

Топливо-экономическая характеристика автомобиля позволяет определить расход топлива в зависимости от изменения скорости движения. Она представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости автомобиля V_a .» [9]

«Показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием. Указываемый в технических характеристиках автомобилей контрольный расход топлива практически мало отличается от минимального расхода топлива.

Данные расчета топливно-экономических показателей представлены в на листе графической части» [15]

4.2 Расчет сил, действующих на элементы подвески при ее эксплуатации

Поскольку подвеска проектируется на базе стандартной подвески Макферсон, путем замены демпфирующих элементов на пневматические. При расчете необходимо учитывать, что конструируемая подвеска будет иметь те же геометрические параметры, что и исходная подвеска. Расчетная схема подвески приводится на рисунке 22.

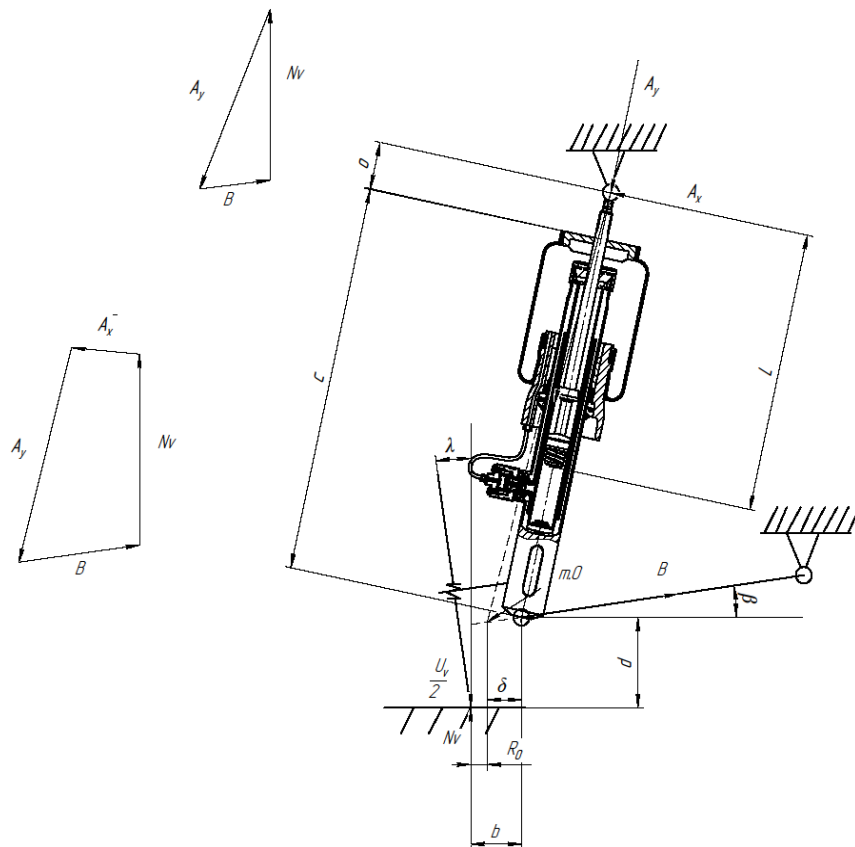


Рисунок 22 – Силы, действующие в подвеске Макферсон

Зададим геометрические параметры подвески в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке 22: $c = 0,338$ м; $o = 0,132$ м; $d = 0,35$ м.

Масса автомобиля в снаряженном состоянии составляет:

$$m_{a1} = m_0 \quad (30)$$

Проектная (конструктивная) нагрузка автомобиля:

$$m_{a2} = m_0 + 3 m_{ч} \quad (31)$$

где: $m_{ч}$ – масса одного пассажира, $m_{ч} = 75$ кг.

Полная нагрузка автомобиля, соответствующая полной массе автомобиля:

$$m_{\text{ав}} = m_{\text{о}} + 5 m_{\text{ч}} + 5 m_{\text{б}} \quad (32)$$

Нагрузка, приходящаяся на ось автомобиля:

$$G_{\text{п}} = g \cdot m_{\text{п}} \quad (33)$$

$$G_{\text{з}} = g \cdot m_{\text{з}} \quad (34)$$

Нагрузка, приходящаяся на колесо передней и задней осей автомобиля:

$$N_{\text{в}} = G_{\text{п}} / 2 \quad (35)$$

Полученные результаты для передней и задней осей автомобиля представлены в таблице 3.

Таблица 3- Загрузка автомобиля на оси и колеса

Параметр	Загрузка автомобиля		
	Снаряженная	Проектная	Полная
Коэффициент развесовки	0.63/0.37	0.56/0.44	0.51/49
Масса а/м, кг	1100	1335	1535
Масса а/м на переднюю ось, кг	699	748	783
Масса а/м на заднюю ось, кг	401	587	752
Нагрузка на переднюю ось а/м, Н	6860	7334	7680
Нагрузка на заднюю ось а/м, Н	3934	5760	7380
Нагрузка на передние колеса а/м, Н	3430	3667	3840
Нагрузка на задние колеса а/м, Н	1967	2380	3690

4.3 Определение статических нагрузок в пневматическом элементе и шарнирах

Уравнение моментов относительно точки В с учетом нагрузки N_v на колесо и обозначений расстояний, приведенных на рисунке 4.1, имеет вид:

$$(c + o) = N_v \cdot b, \quad (36)$$

при этом:

$$b = R_v + d \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (37)$$

$$b = 0.019 + 0.35 \cdot \operatorname{tg} 2^\circ = 0,0312 \text{ (м)}$$

где: N_v – «нормальная (вертикальная) нагрузка, действующая на кузов» [3], [16].

$$N_v = (N_v - U_v) / 2 \quad (38)$$

где: U_v – вес неподрессоренных частей, передней оси автомобиля.

$$U_v = m \cdot g \quad (39)$$

$$U_v = 60 \cdot 9,81 = 588,42 \text{ (Н)}$$

Таким образом, сила, нагружающая шток амортизатора на изгиб:

$$A_x = N_v \cdot b / (c + o) \quad (40)$$

Поскольку сумма всех сил в направлении оси Y равна нулю, статическая нагрузка на пневматический элемент:

$$A_y = N_v + B_v, \quad (41)$$

где:– составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси Y, Н;

B_v – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси Y, Н.

$$N_v = N \cdot \cos(d_0) \quad (42)$$

$$B_v = B_x \cdot \operatorname{tg}(b + d_0) \quad (43)$$

$\Sigma F_x = 0$ можно определить силу B_x , приложенную в нижней опоре амортизатора и направленную вдоль оси X:

$$B_x = N_v + N_x, \quad (44)$$

где: N_x – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси X, Н.

$$N_x = N \cdot \sin(d_0) \quad (45)$$

4.4 Расчет упругого элемента подвески

«Исходя из рекомендаций, для обеспечения у автомобиля высокой плавности хода желаемая собственная частота колебаний поддресоренных масс передней подвески должна быть в диапазоне 55...80 мин-1 (0,9...1,3Гц). Таким образом примем значение собственной частоты колебаний передней подвески: $n_n = 67$ мин-1 (1,12 Гц). Тогда жесткость передней подвески: $C = 17,25$ (кг/см)» [2], [17]

При проектировании подвески расчетной является конструктивная нагрузка, приходящаяся на ось. Требуемая жесткость пневматического элемента определяется исходя из жесткости подвески:

$$C_n = i_v^2 \cdot C, \quad (46)$$

где i_v – мгновенная передаточная функция направляющего аппарата подвески в статике по силам, определяемая соотношением:

$$i_v = A_v / N_v \quad (47)$$

$$i_v = 3333 / 3163 = 1,063$$

$$C_n = 1,063^2 \cdot 17,25 = 19,49 \text{ кг/см}$$

$$C_n = 19,49 \cdot 980 = 19100 \text{ Н} = 19,1 \text{ кН}$$

Упругий элемент проектируемой подвески- пневматическая рессора диафрагменного типа.

Произведем подбор параметров пневматической рессоры диафрагменного типа, учитывая, что жесткость должна быть равна 19,5 кг/см.

Выбираем пневморессору со следующими геометрическими параметрами: давление 1,7 бар; высота $H = 220/350$ мм; длина окружности $L = 410/385$ мм.

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобиля LADA VESTA тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии,

учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

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

Адекватный тяговый расчет позволяет оптимизировать параметры автомобиля, повысить его эффективность и эксплуатационные характеристики, что важно как для конструкторов, так и для конечных пользователей.

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

Выполненные в разделе расчеты показали, что выбранные пневматические амортизаторы способны обеспечивать необходимый диапазон амортизации и устойчивости. Они соответствуют заданным параметрам жесткости и могут эффективно компенсировать дорожные неровности, обеспечивая комфорт и безопасность при движении.

Конструкторский анализ системы управления пневмоподвеской показал, что выбранная конфигурация электронных блоков и датчиков обеспечивает высокую точность и быстродействие. Система управления способна адаптироваться к изменяющимся дорожным условиям и нагрузке на автомобиль, что повышает общую надежность и эффективность работы подвески.

Расчеты подтвердили, что все ключевые элементы пневмоподвески (амортизаторы, компрессор, воздушные баллоны и система управления) обладают высокой надежностью и долговечностью. Применение качественных материалов и современных технологий производства позволяет обеспечить долгий срок службы компонентов без потери эксплуатационных характеристик. Проведенные расчеты показали, что разработанная конструкция пневмоподвески полностью соответствует заданным техническим требованиям и стандартам. Все элементы системы рассчитаны с учетом предельных нагрузок и условий эксплуатации, что гарантирует их надежную работу в различных ситуациях.

На основании проведенных конструкторских расчетов можно сделать вывод, что разработанная пневмоподвеска для автомобиля LADA VESTA соответствует всем необходимым требованиям и готова к внедрению. Система обеспечивает высокий уровень комфорта, безопасности и надежности, что делает её оптимальным выбором для современного автомобиля, способного удовлетворить потребности широкого круга потребителей.

5 Разработка технологического процесса сборки разработанной пневматической подвески

Разработанная конструкция пневматической подвески подразумевает монтаж на автомобиль LADA VESTA. Согласно конструкторскому разделу, принята конструкция независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами. Разработка будет вестись исходя из этих особенностей конструкции.

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

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

В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81, таблица 4.

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

Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ технического обслуживания;
- специализированный пост зоны технического обслуживания (постовая карта);
- специализированное переходящее звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию технического обслуживания;
- операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место).» [14]

Таблица 4 – Технологическая карта сборки подвески

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка рычагов подвески				
005	Сборка верхнего рычага	1. Установить вкладыш в проушину 2. Установить палец в проушину 3. Установить сайлент-блок	Пресс 20т Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,45
010	Сборка нижнего рычага	1. Установить вкладыш в проушину 2. Установить палец в проушину 3. Установить сайлент-блок 4. Собрать кронштейн амортизатора	Пресс 20т Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,60
2. Сборка подвески				
015	Сборка амортизатора	1. Установить гайку на амортизатор 2. Установить пружину на амортизатор 3. Установить буфер 4. Установить проушину 5. Закрепить проушину гайкой	Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,65
020	Сборка подвески	1. Установить ось нижнего рычага 2. Установить амортизатор на нижний рычаг 3. Установить ось верхнего рычага 4. Закрепить проушину амортизатора на кузове	Набор слесарных инструментов Масло трансмиссионное	3,20

В процессе разработки технологии сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности тормозной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей независимой подвески на А-образных рычагах со

сдвоенными амортизаторами, обеспечивающих надежность эксплуатации транспортного средства для исключения возможных дефектов узла на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы трансмиссии автомобиля.

Технология сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами представляет собой важный этап в создании качественной и надежной системы пассивной безопасности, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

6 Безопасность и экологичность участка механической сборки

6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта

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

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

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

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

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

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

Общие технические характеристики участка приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Общие технические характеристики сборочного участка

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

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

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

В таблице 6 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 6 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

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

Таким образом, определен перечень технологических операций, осуществляемых на участке. Далее следует определить перечень опасных и

вредных факторов, воздействующих на работников, исходя из означенного перечня технологических операций.

6.2 Идентификация профессиональных рисков

Процесс механической обработки заготовок, изготовления узловых конструкций и окончательная сборка сопряжены с различными профессиональными рисками для работников. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются сотрудники на участке механической сборки, и выявим способы их предотвращения для обеспечения безопасности и здоровья персонала на производстве. Идентификация профессиональных рисков приведена в таблице 7.

Таблица 7 - Идентификация профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 7

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

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

6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

«Приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда». Методы, приведённые в таблице 8, соответствуют приказу. Они были специально разработаны, как и средства индивидуальной и коллективной защиты, для снижения воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора. Соответственно всё было проверено на практике и только после этого утверждено, следует они являются эффективными.» [19]

Таблица 8 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 8

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

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

6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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

«В таблице 9 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 9 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

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

«В таблице 10 приведена первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 10 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

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

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,

обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 11 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 11 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

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

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

6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

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

«В таблице 12 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.» [8], [19]

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов

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

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

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

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

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

7 Экономический раздел дипломного проекта

7.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

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

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

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

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

7.2 Расчет затрат и экономической эффективности

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

$$C = M + \Pi и + Зосн + Здоп + СС + Ицех + Изав + НР \quad (48)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

$\Pi и$ – затраты на покупные изделия, используемые в конструкции, руб.;

$Зосн$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Здоп$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

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

$Ицех$ – общецеховые издержки, $Ицех = 85\%$;

$Изав$ – общезаводские издержки, $Изав = 110\%$;

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

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 13. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (49)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

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

Таблица 13 – Расчет затрат на материалы

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

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

$$\text{Пи} = \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n + k_3 \sum_{i=1}^n \text{Пи}_n \cdot \text{С}_n \quad (50)$$

где Пи_n – количество покупных изделий, ед;

С_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

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

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на покупные изделия

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

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

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{T_i} \cdot k_{ч_i} \cdot k_{пр}) \quad (51)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

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

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

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (52)$$

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

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

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

$$З_{ФСС} = (З_о + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (53)$$

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

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

$$P_{об} = Z_о \cdot 1,04 \quad (54)$$

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

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

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (55)$$

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

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

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (56)$$

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

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет себестоимости конструкции

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

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

7.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

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

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

$$Ц_{и} = С_{п} + С_{п} \cdot 0,15 + С_{п} \cdot 0,20 \quad (57)$$

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

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

$$\mathcal{E} = Ц_{и} - Ц \quad (58)$$

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

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет средней цены изделия

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E} \cdot N \quad (59)$$

где N – объём реализации продукции, ед.

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

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

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

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

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

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

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

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

Заключение

Темой выпускной квалификационной работы является «Разработка подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA».

Актуальность темы дипломного проекта подтверждается спросом со стороны потребителя на автомобили, обеспечивающие большую плавность хода, более высокий уровень комфорта, снижение уровня шума в салоне при движении. Использование пневматических элементов в подвеске позволит значительно снизить уровень вибрации и неровностей дороги, обеспечивая более комфортное и плавное движение автомобиля. Также подвеска с пневматическими элементами может повысить управляемость и устойчивость автомобиля на дороге. Пневматические элементы позволяют регулировать жесткость подвески в зависимости от дорожных условий, что делает ее более адаптивной к различным типам покрытий и стилю вождения, а оптимальная работа подвески с использованием пневматических элементов может привести к снижению расхода топлива за счет улучшения аэродинамики и снижения сопротивления качению. Также, использование пневматических элементов в подвеске автомобиля отражает использование современных технологий и подходов к конструированию, что делает автомобиль более конкурентоспособным на рынке.

Выводы по результатам проведенного в первой главе дипломного проекта анализа возможных конструкций подвески автомобиля могут быть следующие. Проведенный анализ различных конструкций подвесок автомобилей позволил выявить их основные преимущества и недостатки. Это позволяет лучше понять требования к идеальному техническому решению подвески. Из анализа становится ясно, какие конкретные критерии играют важную роль при выборе технического решения для подвески автомобиля: комфорт, управляемость, проходимость, надежность, экономичность и прочее.

На основе проведенного анализа и учёта ключевых критериев, было сделано предпочтение пневматической подвески как наиболее подходящему для конкретных целей проекта.

Основным критерием выбора явились эксплуатационные характеристики подвески, которые обеспечивают наибольшую плавность хода и прогрессивные характеристики работы пневматической пружины, в отличие от линейной характеристики стальных пружин. Кроме того, следует отметить возможность подстройки жесткости пружины в зависимости от условий движения, характеристик дорожного покрытия, степени загруженности автомобиля. Несмотря на то, что бортовое оснащение транспортного средства потребует установку дополнительных агрегатов, подобное техническое решение будет означать, что эксплуатационные характеристики разрабатываемой подвески будут значительно превосходить характеристики базовой подвески, что соответствует целям и задачам проекта.

Дальнейшее направление исследований может быть направлено на автоматическую подстройку жесткости подвески в зависимости от условий движения автомобиля, что даст еще большие возможности для технического совершенствования подвески Lada Vesta.

Важно подчеркнуть, что выбор технического решения подвески автомобиля является ключевым этапом проектирования и влияет на общую производительность и характеристики автомобиля. Таким образом, правильный выбор подвески существенно влияет на комфорт и безопасность автомобиля.

Во второй главе дипломного проекта был произведен патентный поиск по теме конструкторской разработки. Исследование патентов по тематике разработки показало, что в области подвесок с пневматическими элементами существует значительное количество патентов, охватывающих разнообразные конструкции и методы управления. Наиболее часто встречающиеся решения включают системы автоматической регулировки дорожного просвета, адаптивные амортизаторы и интеграцию с системами активной безопасности.

Были выявлены ключевые патенты, определяющие современный уровень технологий в области пневматических подвесок. Эти патенты охватывают такие аспекты, как:

- системы управления давлением воздуха в пневматических баллонах;
- конструкции пневматических амортизаторов и их интеграция в подвеску автомобиля;
- решения для улучшения комфорта и устойчивости автомобиля.

Анализ показал, что многие из существующих патентов могут ограничивать свободу действий при разработке новой системы подвески для LADA VESTA. Это требует тщательного изучения и возможного обхода существующих патентов путем разработки уникальных технических решений или модификации существующих технологий. Патентный поиск также позволил выявить текущие тенденции и направления развития технологий пневматических подвесок, включая:

- увеличение уровня автоматизации и интеллектуальности систем управления подвеской;
- интеграция с другими системами автомобиля для улучшения общей безопасности и производительности;
- использование новых материалов и конструктивных решений для увеличения надежности и долговечности.

Несмотря на наличие большого количества патентов в данной области, был обнаружен потенциал для инноваций, связанных с адаптацией и улучшением существующих технологий применительно к специфическим требованиям автомобиля LADA VESTA, а именно:

- разработку систем с улучшенной энергоэффективностью;
- внедрение новых алгоритмов управления, обеспечивающих более плавную и адаптивную работу подвески;
- создание модульных систем, позволяющих гибко адаптировать подвеску под различные условия эксплуатации.

На основании проведенного патентного поиска можно сделать вывод о наличии значительных возможностей для разработки конкурентоспособной подвески с пневматическими элементами для автомобиля LADA VESTA, при условии внимательного анализа и учета существующих патентов, а также применения инновационных подходов и технологий.

В третьем разделе дипломного проекта нами была проанализирована компонентная составляющая пневмоподвески автомобиля. Конструкция пневматической подвески включает несколько ключевых агрегатов и узлов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении надёжной и эффективной работы системы. Основные компоненты пневматической подвески включают:

- пневматические амортизаторы, которые обеспечивают плавность хода и амортизацию ударов;
- компрессор, создающий давление воздуха в системе;
- воздушные баллоны (ресиверы), служащие для хранения сжатого воздуха;
- электронные блоки управления, контролирующие работу системы и обеспечивающие автоматическую регулировку дорожного просвета.

Разрабатываемая пневматическая подвеска предназначена для улучшения комфорта и управляемости автомобиля. Пневматическая подвеска разрабатывается с учётом специфических условий эксплуатации автомобиля LADA VESTA, что включает эксплуатацию в различных климатических условиях, от суровых зим до жаркого лета и работу на дорогах с различным покрытием, включая асфальтированные дороги, грунтовые дороги и бездорожье.

На основании проведённого анализа и описания разрабатываемой конструкции пневматической подвески можно сделать вывод о том, что данная система способна существенно улучшить характеристики автомобиля LADA VESTA. Пневматическая подвеска обеспечивает высокий уровень комфорта и управляемости, что делает её привлекательным решением для

современного автомобиля, предназначенного для эксплуатации в широком диапазоне условий.

Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобиля LADA VESTA тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

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

Адекватный тяговый расчет позволяет оптимизировать параметры автомобиля, повысить его эффективность и эксплуатационные характеристики, что важно как для конструкторов, так и для конечных пользователей.

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

Выполненные в разделе расчеты показали, что выбранные пневматические амортизаторы способны обеспечивать необходимый

диапазон амортизации и устойчивости. Они соответствуют заданным параметрам жесткости и могут эффективно компенсировать дорожные неровности, обеспечивая комфорт и безопасность при движении.

Конструкторский анализ системы управления пневмоподвеской показал, что выбранная конфигурация электронных блоков и датчиков обеспечивает высокую точность и быстродействие. Система управления способна адаптироваться к изменяющимся дорожным условиям и нагрузке на автомобиль, что повышает общую надежность и эффективность работы подвески.

Расчеты подтвердили, что все ключевые элементы пневмоподвески (амортизаторы, компрессор, воздушные баллоны и система управления) обладают высокой надежностью и долговечностью. Применение качественных материалов и современных технологий производства позволяет обеспечить долгий срок службы компонентов без потери эксплуатационных характеристик. Проведенные расчеты показали, что разработанная конструкция пневмоподвески полностью соответствует заданным техническим требованиям и стандартам. Все элементы системы рассчитаны с учетом предельных нагрузок и условий эксплуатации, что гарантирует их надежную работу в различных ситуациях.

На основании проведенных конструкторских расчетов можно сделать вывод, что разработанная пневмоподвеска для автомобиля LADA VESTA соответствует всем необходимым требованиям и готова к внедрению. Система обеспечивает высокий уровень комфорта, безопасности и надежности, что делает её оптимальным выбором для современного автомобиля, способного удовлетворить потребности широкого круга потребителей.

В процессе разработки технологии сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были оптимизированы методы и инструменты с учетом особенностей конструкции и требований к надежности тормозной системы.

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами, обеспечивающих надежность эксплуатации транспортного средства для исключения возможных дефектов узла на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы трансмиссии автомобиля.

Технология сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами разработана с учетом экономических аспектов, направленных на оптимизацию времени и затрат на процесс сборки. Были предложены рекомендации по рационализации рабочих операций и использованию ресурсов с целью повышения эффективности и экономичности процесса сборки. В целом, разработанная технология сборки независимой подвески на А-образных рычагах со сдвоенными амортизаторами представляет собой важный этап в создании качественной и надежной системы пассивной безопасности, обеспечивая безопасность и комфорт в эксплуатации автомобиля.

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

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

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

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

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

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

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $C_{п} = 122\ 065,96$

руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 164800$ руб.

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

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

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

Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

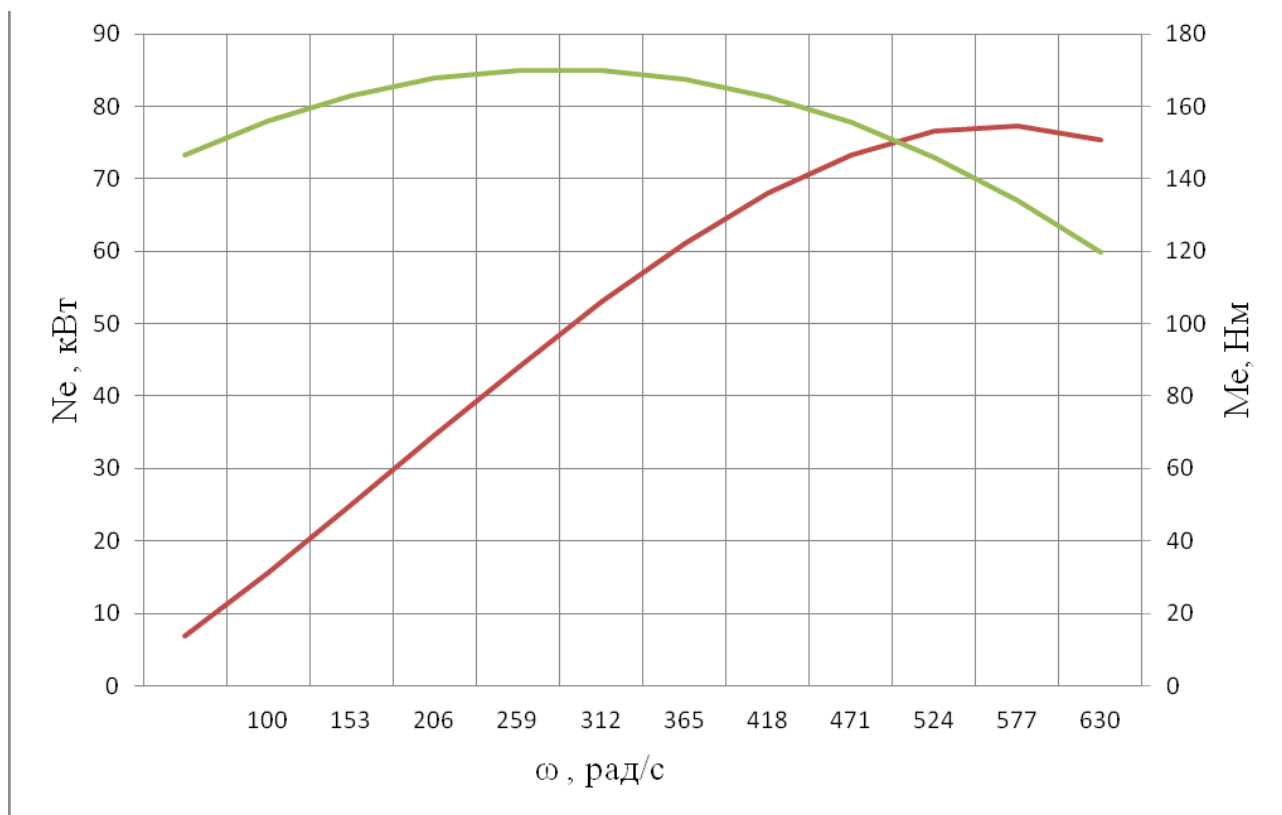
23. G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

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

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

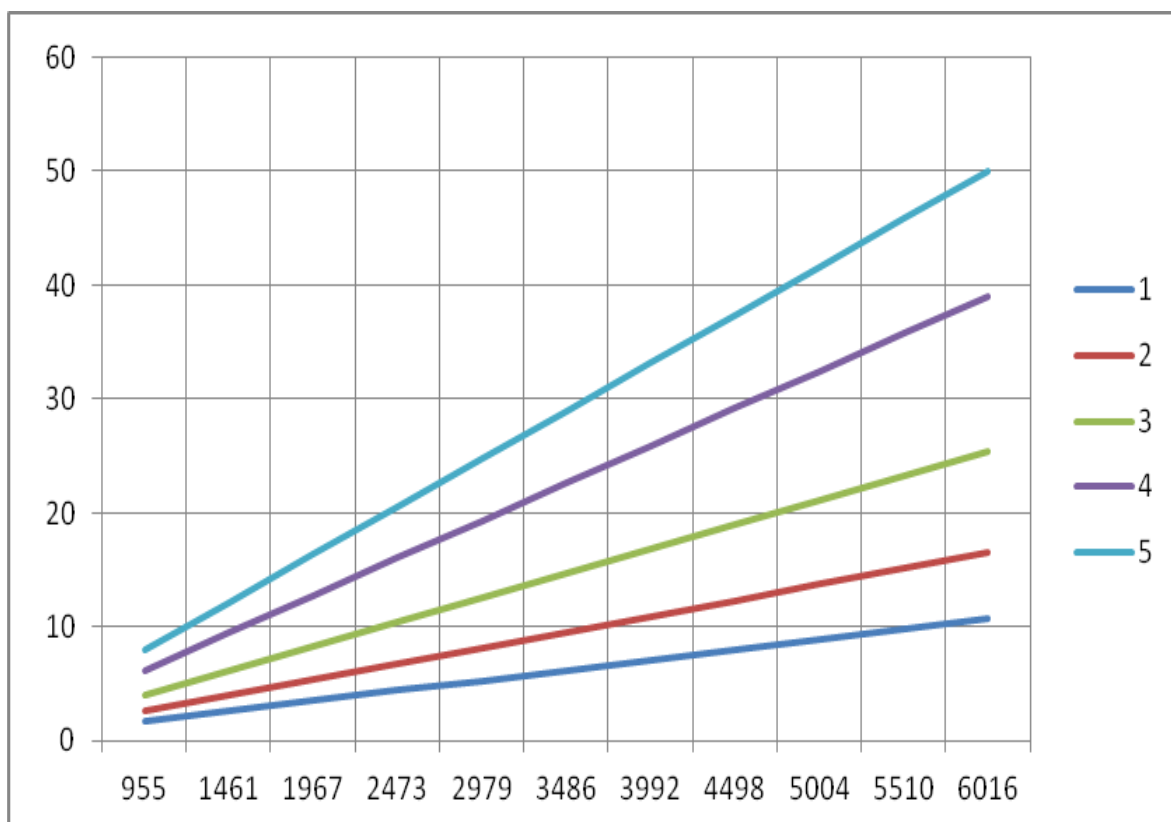
Приложение А

Внешняя скоростная характеристика

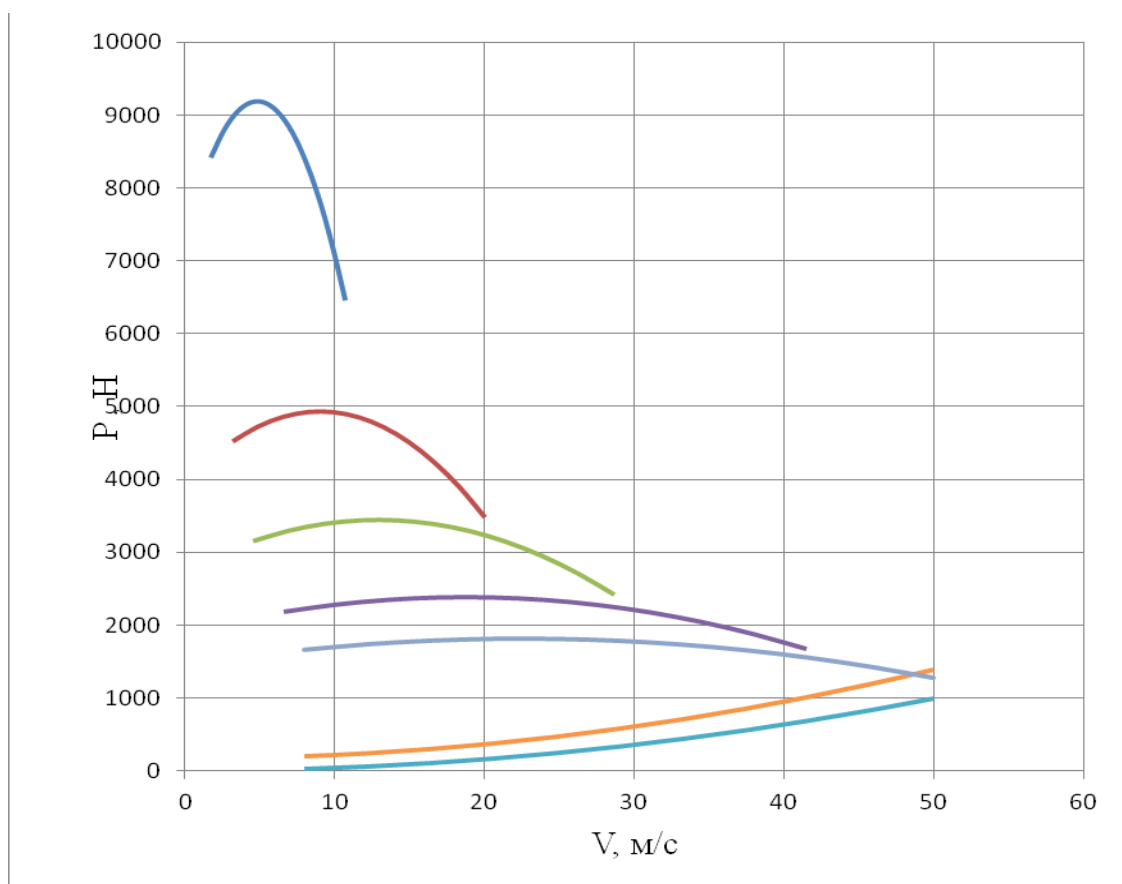


Приложение Б

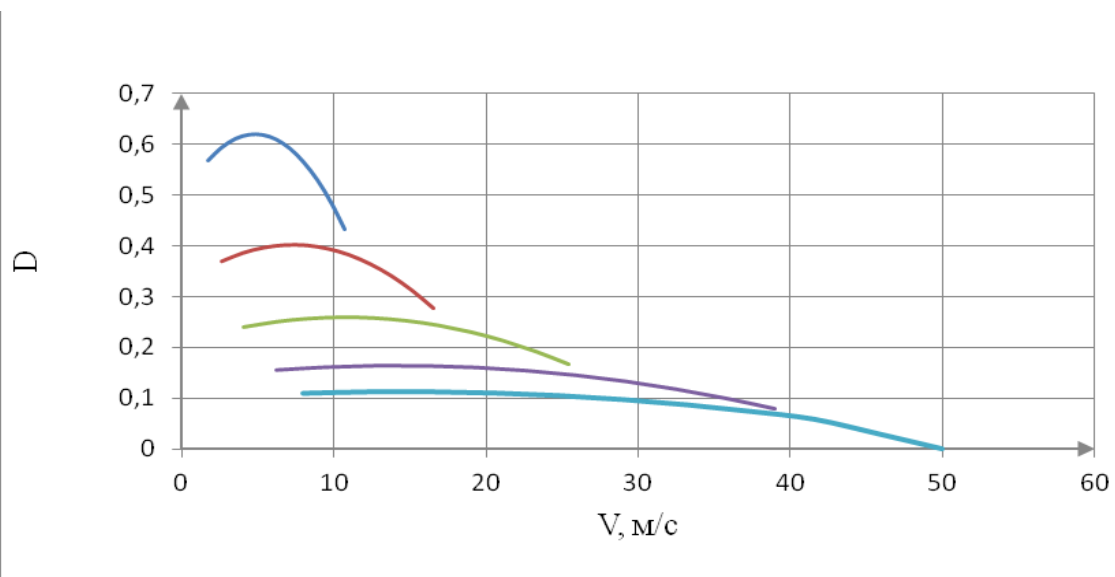
Скорость автомобиля на разных передачах



Приложение В Силовой баланс

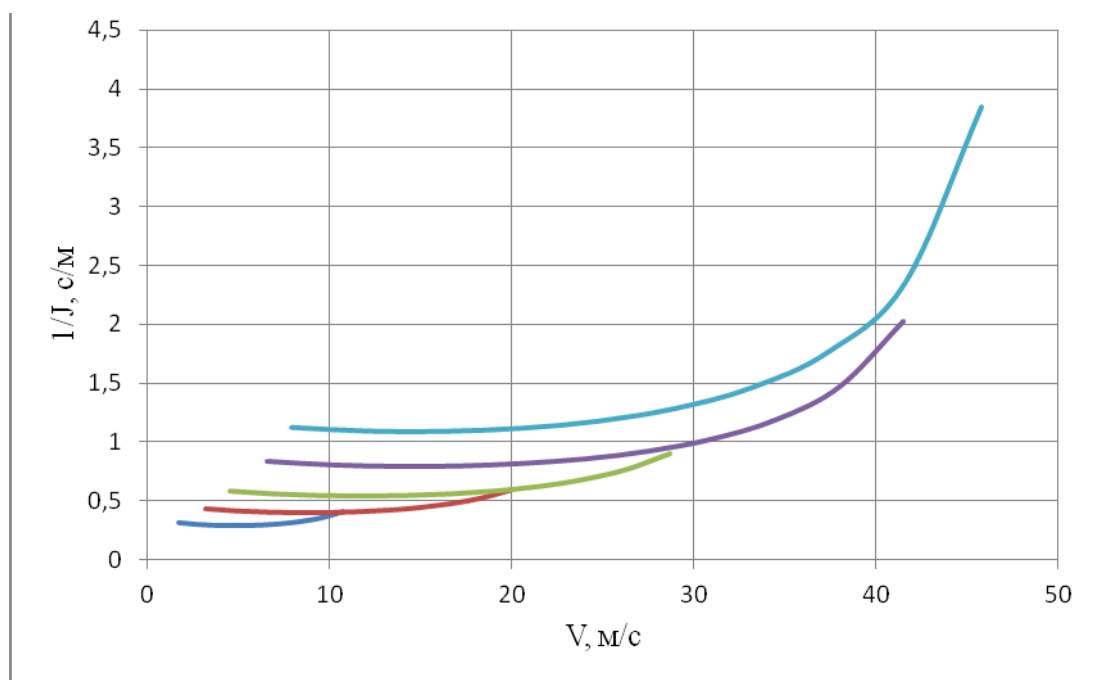
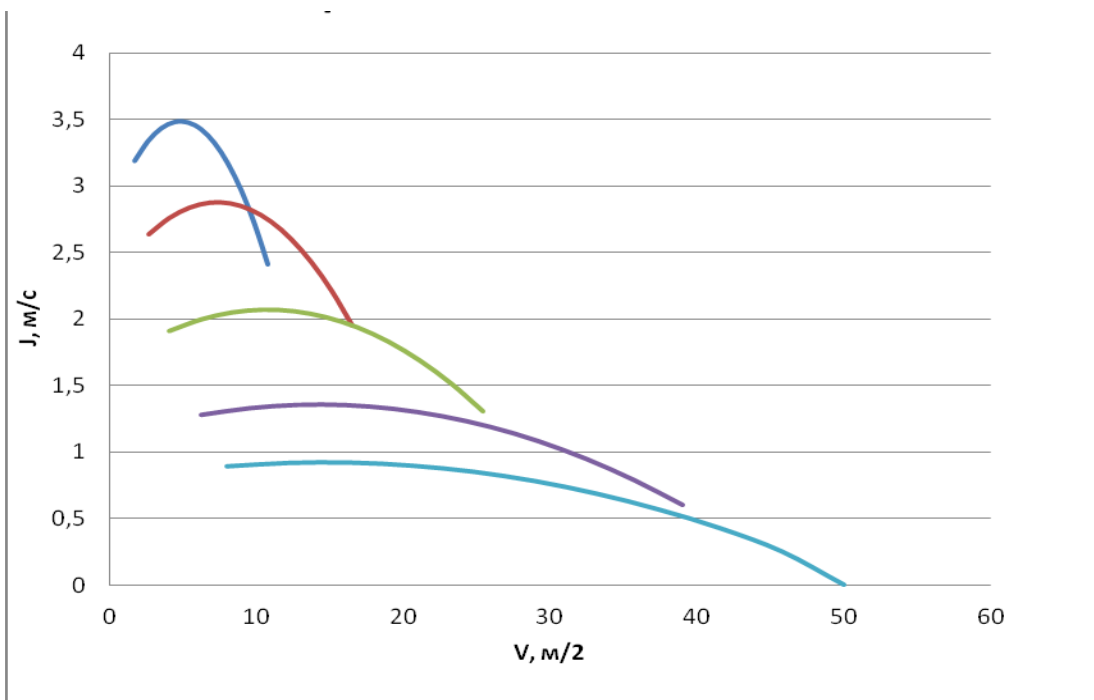


Приложение Г
Динамический фактор



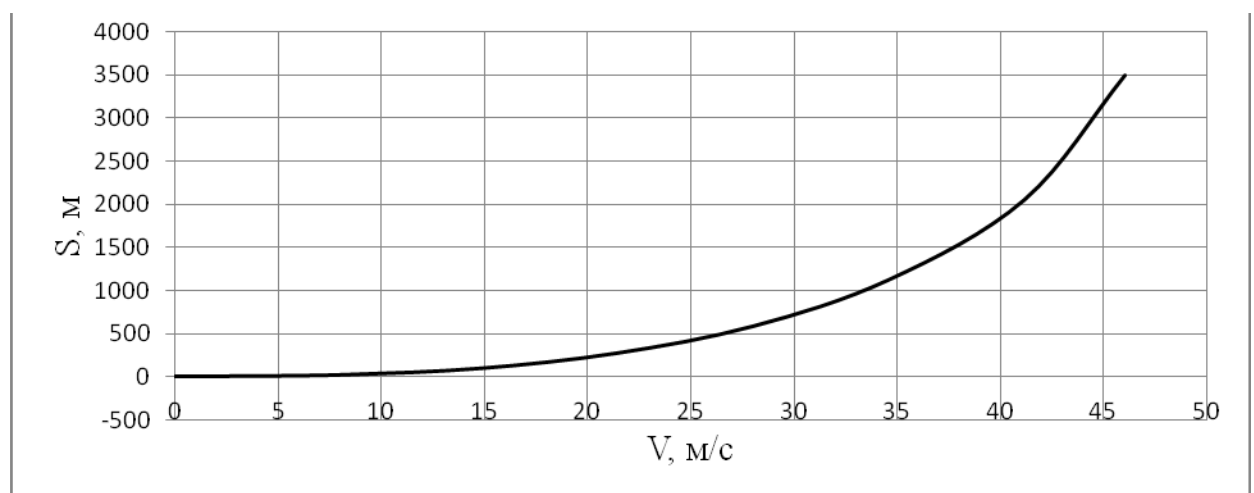
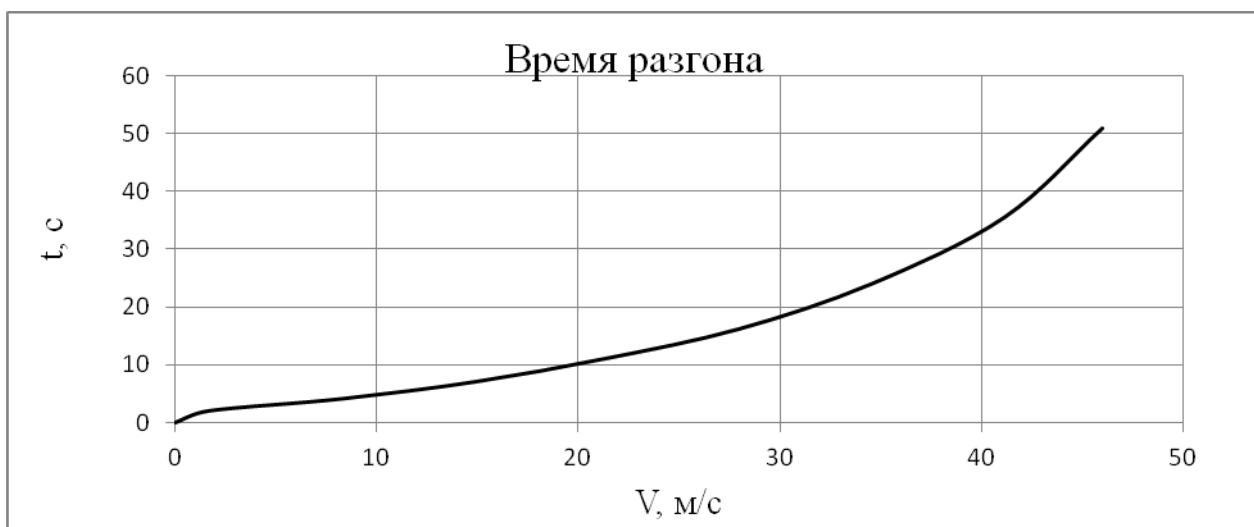
Приложение Д

Прямые и обратные ускорения автомобиля

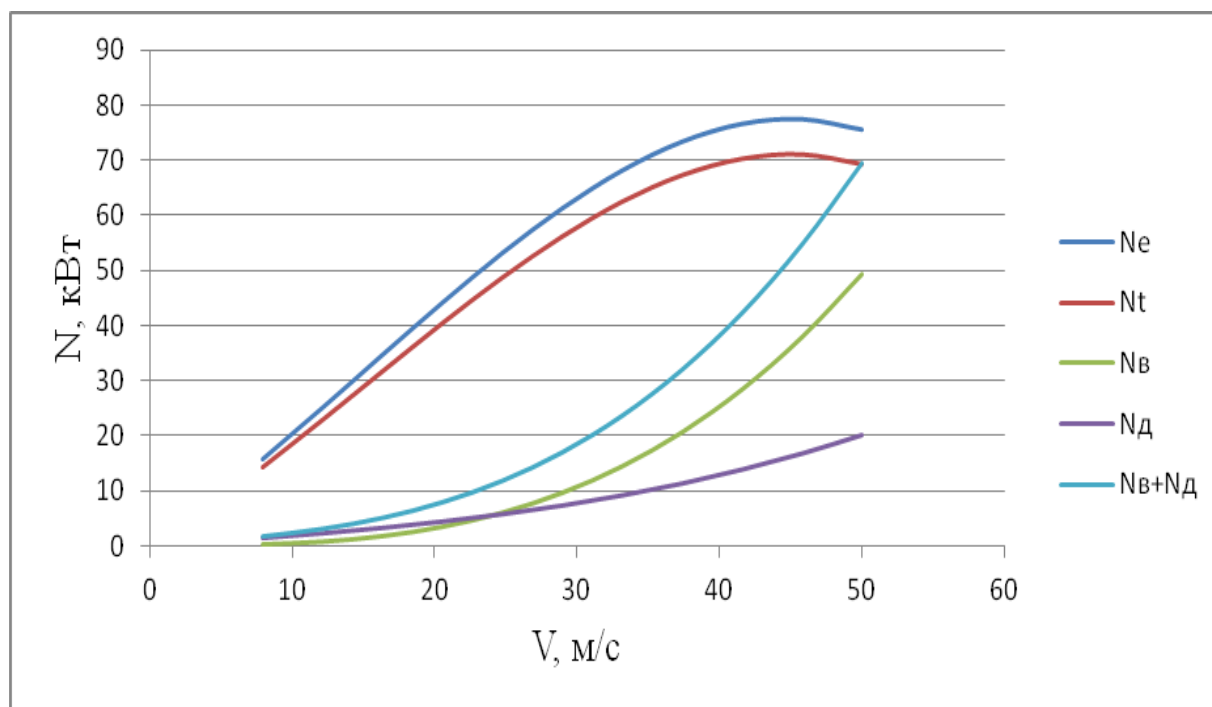


Приложение Е

Время и путь разгона автомобиля

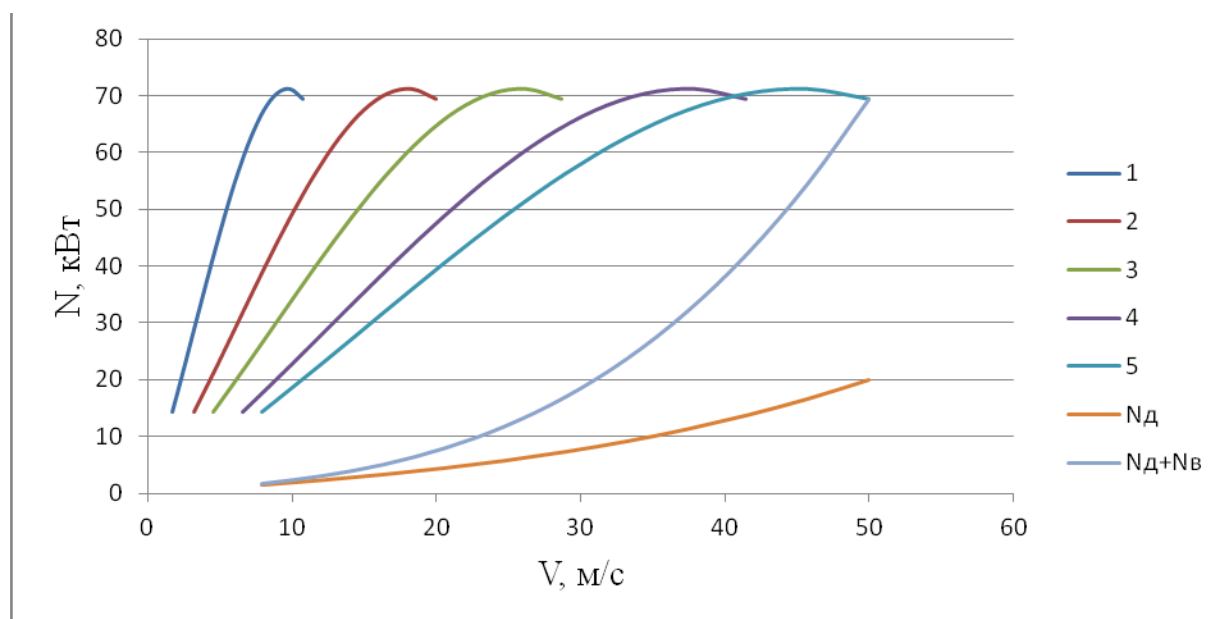


Приложение Ж
Мощностной баланс автомобиля



Приложение И

Мощностной баланс автомобиля на различных передачах



Приложение К

Топливо-экономическая характеристика

