

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 задней пневматической подвески автомобиля категории  
N3

Обучающийся

А.В. Ткаченко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

## **Аннотация**

Представлен дипломный проект на тему «Разработка задней пневматической подвески автомобиля категории N3».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования к уровню комфорта работы подвески транспортного средства и к его надежности. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы подвески. Для автомобилей класса N3 это особенно актуально еще и по причине работы в тяжелых дорожных условиях, что накладывает свои требования к работе подвески транспортного средства.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата A1.

Целью дипломного проекта является разработка задней пневматической подвески автомобиля категории N3 на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции подвески, тяговый расчет транспортного средства для которого разрабатывается узел, силовые и прочностные расчеты узла и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция узла подвески обладает значительно более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с узлом, применяемым в серийных автомобилях в настоящее время. Внедрение конструкции в серийные

транспортные средства не только позволит повысить их эксплуатационные качества, но и сформировать определенные конкурентные преимущества во всей продуктовой линейке автомобилей данного класса, производимых на территории России.

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

## **Annotation**

A graduation project on the theme "Development of the rear air suspension of a car of category N3" is presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands on the level of comfort of the vehicle suspension and its reliability. This requires the use of new types of units and assemblies operating on other mechanical principles than traditional suspension units. For cars of class N3, this is especially true also because of the work in difficult road conditions, which imposes its own requirements on the operation of the vehicle suspension.

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

The purpose of the diploma project is to develop the rear air suspension of a car of category N3 at the level of a technical project.

Logically, the structure of the diploma project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of the suspension, traction calculation of the vehicle for which the unit is being developed, power and strength calculations of the unit and its elements, development of the technological process for manufacturing the unit, development of safe working conditions on site and economic justification for the effectiveness of the project.

The design of the suspension unit developed within the framework of the diploma project has significantly higher performance characteristics in comparison with the unit currently used in serial vehicles. The introduction of the design into mass-produced vehicles will not only improve their performance, but also create certain competitive advantages in the entire product line of vehicles of this class produced in Russia.

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

## Содержание

Введение .....	8
1 Анализ объекта разработки дипломного проектирования .....	12
1.1 Анализ влияния конструкции подвески на управляемость транспортного средства .....	12
1.2 Анализ влияния конструкции подвески на устойчивость транспортного средства .....	14
1.3 Анализ влияния конструкции подвески на плавность движения транспортного средства .....	18
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	24
2.1 Исходные данные для расчета .....	24
2.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя .....	25
2.3 Расчет силового баланса .....	26
2.4 Расчет динамического фактора .....	28
2.5 Расчет мощностного баланса .....	29
2.6 Расчет ускорений транспортного средства .....	31
2.7 Расчет времени и пути разгона транспортного средства .....	33
3 Конструкторский раздел дипломного проекта .....	38
3.1 Назначение, устройство и общая характеристика подвески транспортного средства категории N3 .....	38
3.2 Расчёт упругих элементов подвески .....	46
3.3 Расчёт параметров амортизатора подвески .....	48
3.4 Расчёт бортового компрессора пневматической сети .....	49
3.5 Расчёт стабилизатора поперечной устойчивости .....	50
3.6 Расчёт сварного шва крепления кронштейна к крышке верхней .....	51
4 Технологический раздел дипломного проекта .....	54
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования .....	59
5.1 Характеристика участка сборки .....	59

5.2 Профессиональные риски, характерные для участка .....	61
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих .....	65
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	69
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	72
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	74
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности .....	74
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка .....	75
Заключение .....	84
Список используемой литературы и используемых источников .....	90
Приложение А Графики тягового расчета .....	93

## **Введение**

Развитие автомобильной индустрии и повышение требований к комфорту и безопасности автомобилей приводят к необходимости постоянного совершенствования и инноваций в области подвесочных систем. Одним из важных направлений является разработка задней пневматической подвески для автомобилей категории N3.

Автомобили категории N3 включают грузовики и автобусы, предназначенные для перевозки грузов или пассажиров с большой грузоподъемностью. Эти транспортные средства обычно имеют брутто-массу (максимальную разрешенную массу) более 3,5 тонн. Грузовики категории N3 широко используются в логистической, строительной и транспортной отраслях для перевозки грузов различного назначения. Они могут иметь различные типы кузовов, такие как самосвалы, фургоны или специализированные платформы для перевозки контейнеров или строительного оборудования. Грузоподъемность грузовиков N3 может достигать нескольких десятков тонн, что позволяет осуществлять перевозки больших объемов и массы. Автобусы категории N3 предназначены для перевозки пассажиров на дальние расстояния или внутри городских маршрутов. Они могут иметь различные варианты салона, вмещающие от нескольких десятков до сотен пассажиров. Автобусы N3 обычно оснащаются комфортабельными сиденьями, системами кондиционирования, системами безопасности и развлекательными устройствами для пассажиров.

Категория N3 является одной из самых крупных и важных категорий автомобилей, так как они играют важную роль в грузоперевозках, логистике и пассажирском транспорте. Эти автомобили должны соответствовать строгим нормам безопасности и экологическим стандартам, а также обладать надежностью и долговечностью, чтобы обеспечить эффективную работу и комфорт для водителей и пассажиров.



Обслуживание и совершенствование технических характеристик подвесочных систем автомобилей категории N3 играет важную роль в обеспечении безопасности, комфорта и эффективности таких транспортных средств. Разработка задней пневматической подвески для автомобилей N3 может значительно повысить их характеристики и возможности, делая их более гибкими и адаптивными к различным условиям дороги и грузам.

Автомобили категории N3, включающие грузовики и автобусы с большой грузоподъемностью, часто сталкиваются с проблемами, связанными с неравномерным распределением груза и сложными дорожными условиями. Это может приводить к чрезмерным нагрузкам на задние оси и ухудшению комфорта и управляемости.

Развитие конструкции задней пневматической подвески для автомобилей категории N3 представляет собой важный шаг в улучшении характеристик и возможностей таких транспортных средств. Пневматическая подвеска позволяет регулировать жесткость и высоту подвески в зависимости от условий дороги и груза, обеспечивая более комфортное и стабильное путешествие.

Пневматические подвески имеют свои преимущества и недостатки, которые следует учитывать. К преимуществам пневматических подвесок относятся следующие факторы.

Пневматические подвески обеспечивают более комфортную поездку и снижают уровень вибраций, что повышает уровень комфорта для водителя и пассажиров. Они способны адаптироваться к неровностям дорожного покрытия и изменять уровень жесткости подвески в зависимости от условий эксплуатации.

Пневматические подвески позволяют регулировать высоту автомобиля в соответствии с текущими транспортными потребностями. Это особенно полезно в случаях, когда требуется изменить высоту подвески для проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Пневматические подвески способствуют лучшей управляемости автомобиля, что особенно важно в условиях движения с грузом. Они уменьшают наклон кузова при поворотах и обеспечивают лучшую стабильность транспортного средства на дороге.

Пневматические подвески обладают хорошей грузоподъемностью и могут поддерживать высокую нагрузку. Это особенно важно для грузовиков и коммерческих автомобилей, которые часто перевозят тяжелые грузы.

Но у подвески такого типа есть ряд недостатков, характерных для этого типа конструкции.

Так, например, пневматические подвески требуют более сложного обслуживания и регулярной проверки, чем традиционные стальные или пружинные подвески. Их ремонт и замена могут быть более дорогими и требовать специального оборудования и квалифицированных специалистов.

Пневматические подвески работают на основе сжатого воздуха, что создает вероятность возникновения утечек и снижения давления в общем контуре воздухоподдачи. Это может потребовать регулярной проверки и обслуживания системы поддержки воздуха.

В некоторых случаях, таких как грунтовые или бездорожные условия, пневматические подвески могут быть менее эффективными и менее прочными по сравнению с другими типами подвесок.

Некоторые модели пневматических подвесок требуют сложных электронных систем для контроля и управления. Это может увеличить сложность и стоимость обслуживания, а также сделать систему более уязвимой к сбоям в электронике.

В целом, пневматические подвески предлагают ряд преимуществ, таких как комфорт, регулировка высоты и улучшенная управляемость, но они также имеют свои недостатки, связанные с обслуживанием, сложностью и стоимостью. При рассмотрении использования пневматической подвески необходимо учесть особенности и требования конкретной ситуации и типа транспортного средства.

Целью данного дипломного проекта является разработка задней пневматической подвески для автомобилей категории N3 с учетом требований к грузоподъемности, комфорту и безопасности. Проект включает в себя анализ существующих решений, разработку концепции, расчеты и моделирование подвески, а также проведение испытаний и оценку ее эффективности.

Ожидается, что разработка задней пневматической подвески для автомобилей категории N3 приведет к существенному улучшению комфорта и стабильности при движении, а также повысит безопасность и надежность таких транспортных средств. Это имеет большое значение для различных отраслей, связанных с грузоперевозками и пассажирскими перевозками, в том числе логистики, строительства, туризма и общественного транспорта.

Данный дипломный проект имеет практическую значимость и может быть использован в качестве основы для дальнейшей разработки и применения задней пневматической подвески на автомобилях категории N3. Результаты и рекомендации проекта могут быть полезными для автомобильных производителей, инжиниринговых компаний и специалистов в области автомобильной индустрии.

## **1 Анализ объекта разработки дипломного проектирования**

### **1.1 Анализ влияния конструкции подвески на управляемость транспортного средства**

Управляемость автомобиля – это способность автомобиля к точному и плавному выполнению команд водителя по направлению движения, изменению траектории и маневрированию на дороге. Она является одним из ключевых аспектов безопасности и комфорта вождения.

На управляемость транспортного средства оказывает влияние множество различных факторов, среди которых можно выделить ряд основных, влияние которых проявляется наиболее сильно.

Качество и тип конструкции подвески имеет большое значение для управляемости автомобиля. Система подвески должна обеспечивать достаточную жесткость для сохранения управляемости автомобиля при прохождении поворотов, а также достаточную величину хода для адаптации подвески к неровностям дороги и обеспечения комфортного движения.

Рулевое управление должно быть достаточно точным, отзывчивым и предсказуемым. Рулевой механизм, рулевая колонка и рулевое усиление должны работать согласованно, чтобы обеспечить управление автомобилем.

«Гидроусилитель значительно облегчает работу водителя, который при его наличии прикладывает к рулевому колесу в 2...3 раза меньшее усилие, чем без гидроусилителя. Так, например, для поворота автомобиля средней и большой грузоподъемности и автобусов без рулевых усилителей требуется усилие водителя до 400 Н и более. Это очень существенно, так как из всей затрачиваемой водителем энергии на управление автомобилем 50% приходится на рулевое управление. Кроме того, гидроусилитель смягчает толчки и удары от дорожных неровностей, передаваемые от управляемых колес на рулевое колесо. Гидроусилитель также повышает безопасность

движения при повреждении шин управляемых колес (прокол, разрыв и т.п.) и маневренность автомобиля.» [1], [11]

Состояние шин и правильное давление имеют большое значение для управляемости автомобиля. Изношенные или неправильно накачанные шины могут отрицательно влиять на сцепление с дорогой, устойчивость и маневренность автомобиля.

«Колебания колес с высокой частотой (более 10 Гц) совершаются в пределах упругости рулевого привода и шин. Они поглощаются в рулевом управлении, не передаются на рулевое колесо и не нарушают управляемости автомобиля. Однако колебания высокой частоты вызывают дополнительный износ шин и деталей рулевого привода, возрастание сопротивления движению и снижение топливной экономичности автомобиля. Колебания колес с низкой частотой (менее 1 Гц) нарушают управляемость автомобиля и безопасность движения. Для устранения их влияния следует снижать скорость движения автомобиля.» [1], [17]

Распределение веса между передней и задними осями, а также между левой и правой стороной автомобиля, влияет на управляемость транспортного средства. Неправильное распределение веса может привести к неравномерному сцеплению колес с дорогой, непредсказуемости поведения и потере управления.

Техническое обслуживание и регулярная проверка автомобиля играют важную роль в его управляемости. Состояние подвески, тормозной системы, рулевого механизма, амортизаторов и других систем должно быть в идеальном порядке для обеспечения надежного и безопасного управления.

Управляемость автомобиля зависит от взаимодействия всех этих факторов. Оптимальная управляемость достигается при сбалансированном сочетании жесткости и податливости, точности рулевого управления, состоянии шин и адекватном распределении веса. Важно также учитывать условия дороги, скорость движения и действия водителя для достижения наилучшей управляемости автомобиля.

«Особенностью пневмоподвески является то, что, чем больше сжимаются пневмобаллоны, тем выше становится жесткость подвески.

Большинство пневмобаллонов имеют прогрессивную характеристику – чем больше они сжимаются, тем их жесткость становится выше. Таким образом прогрессивность характеристики пневмоэлементов и возможность быстрой настройки давления в них прямо из салона автомобиля дает широчайший диапазон рабочих характеристик пневмоподвески. При повышенных требованиях к управляемости пневматические упругие элементы могут устанавливаться совместно с амортизаторами, а так же с более жесткими стабилизаторами поперечной устойчивости.» [2], [18]

Управляемость автомобиля зависит от совокупности этих факторов и требует сбалансированного подхода при проектировании и настройке подвески. Оптимальная управляемость достигается при сочетании правильной геометрии подвески, подходящих амортизаторов, жесткости и податливости подвески, а также правильном распределении веса.

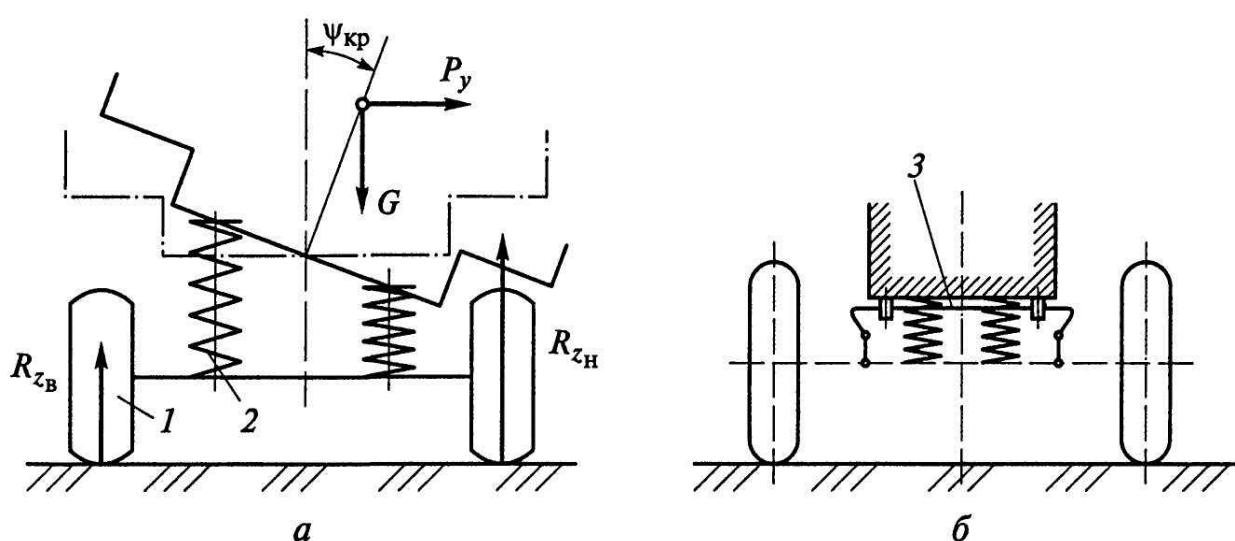
## **1.2 Анализ влияния конструкции подвески на устойчивость транспортного средства**

Конструкция подвески автомобиля играет ключевую роль в обеспечении его устойчивости. В рамках анализа выделим ряд факторов, которые влияют на устойчивость автомобиля:

Правильное распределение и низкое расположение центра тяжести автомобиля способствуют улучшению его устойчивости. Низкий центр тяжести означает, что автомобиль будет менее подвержен кренам и боковым наклонам при поворотах, что улучшает его устойчивость.

«При разгоне, торможении и повороте автомобиля, а также езде по неровностям дороги вследствие действия боковой силы  $P_y$  (рисунок 1, а) шины 1 и упругие устройства 2 подвески (рессоры, пружины и др.) с одной стороны автомобиля разгружаются, а с другой – нагружаются. В результате

кузов автомобиля наклоняется в поперечном направлении. Угол  $\psi_{кр}$  крена кузова увеличивается с возрастанием боковой силы  $P_y$ . Он может быть уменьшен при увеличении угловой жесткости подвески, что достигается установкой в подвеске стабилизатора 3 (рисунок 1, б) поперечной устойчивости, который препятствует крену кузова и уменьшает его поперечные угловые колебания.» [1]



1 – шина; 2 – упругое устройство подвески; 3 – стабилизатор

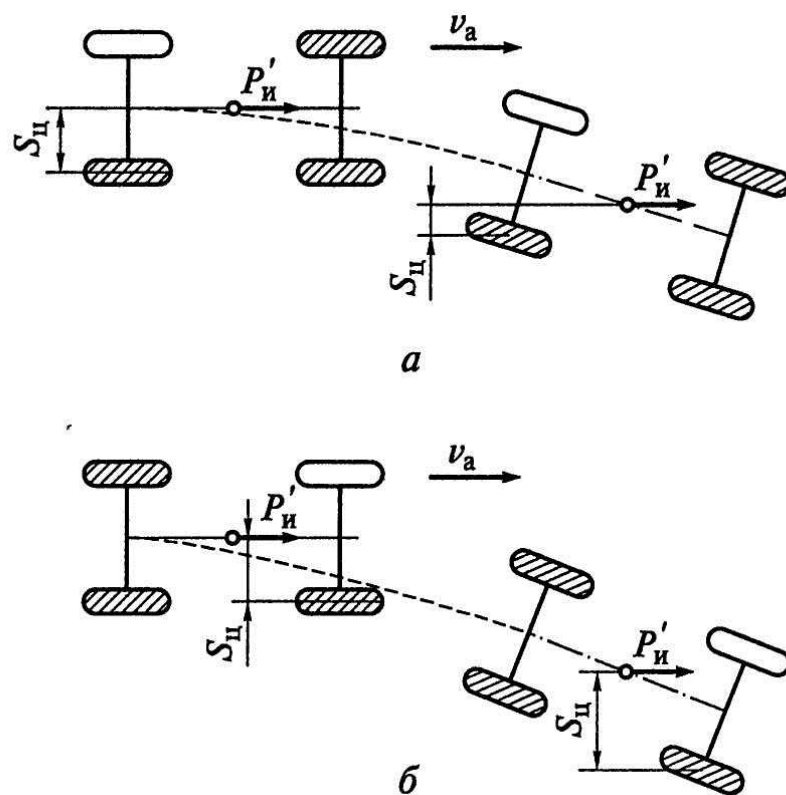
Рисунок 1 – Крен кузова (а) и стабилизатор (б) поперечной устойчивости кузова

Жесткая подвеска обеспечивает более стабильное поведение автомобиля при поворотах и изменении направления движения. Она помогает уменьшить наклон кузова в повороте, что способствует устойчивости автомобиля на дороге.

Расположение и геометрия рычагов подвески также влияют на устойчивость автомобиля. Правильная геометрия подвески помогает контролировать движение колес, уменьшает влияние неровностей дороги на управляемость и повышает устойчивость.

Амортизаторы играют важную роль в контроле движения подвески и установке колес на дороге. Они должны быть настроены таким образом, чтобы обеспечить достаточное сцепление колес с дорогой и минимизировать наклон кузова, что улучшает устойчивость автомобиля.

Дизайн кузова и аэродинамические характеристики автомобиля также могут влиять на его устойчивость. Правильная форма кузова и аэродинамические элементы помогают уменьшить сопротивление воздуха и повысить стабильность на высоких скоростях.



а – заторможено заднее правое колесо; б – заторможено переднее правое колесо

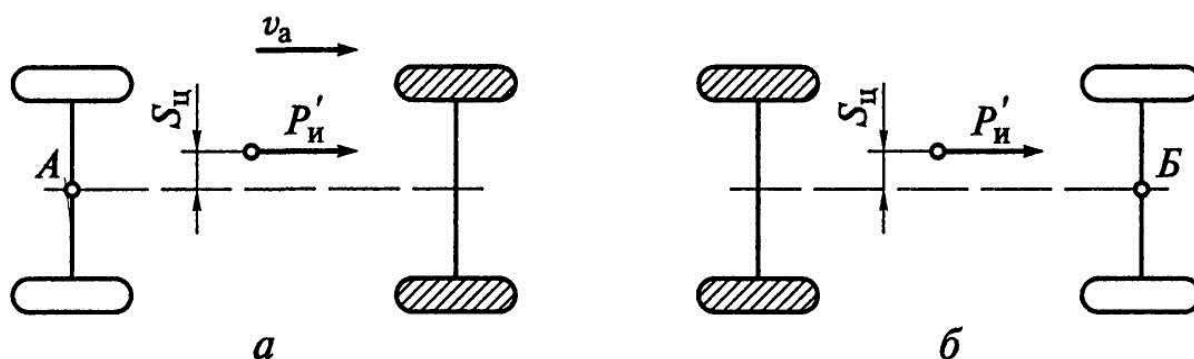
Рисунок 2 – Устойчивость автомобиля при торможении

«Причиной нарушения поперечной устойчивости при торможении может быть неравномерное распределение тормозных сил по колесам автомобиля из-за замасливания или неправильной регулировки тормозных



механизмов. При этом неравномерность распределения тормозных сил у передних колес опаснее, чем у задних. Так, например, при одном заторможенном заднем правом колесе (рисунок 2, а) автомобиль отклоняется вправо от направления прямолинейного движения. При этом расстояние СИ от центра тяжести автомобиля до центра заторможенного колеса сокращается. Уменьшается также и поворачивающий момент  $P_{И1}$ , создаваемый силой инерции. При заторможенном только переднем правом колесе (рисунок 2, б) расстояние СИ во время торможения увеличивается. Это приводит к возрастанию поворачивающего момента и дальнейшему отклонению автомобиля в сторону от направления прямолинейного движения. Поэтому неисправность передних тормозных механизмов опаснее, чем задних.» [3], [21]

Распределение веса между передней и задней осью автомобиля также влияет на его устойчивость. Правильное распределение веса помогает достичь баланса и стабильности при движении, что повышает устойчивость автомобиля.



а – блокированы передние колеса; б – блокированы задние колеса; А, Б – центры осей задних и передних колес

Рисунок 3 – Устойчивость автомобиля при неправильном расположении груза в кузове

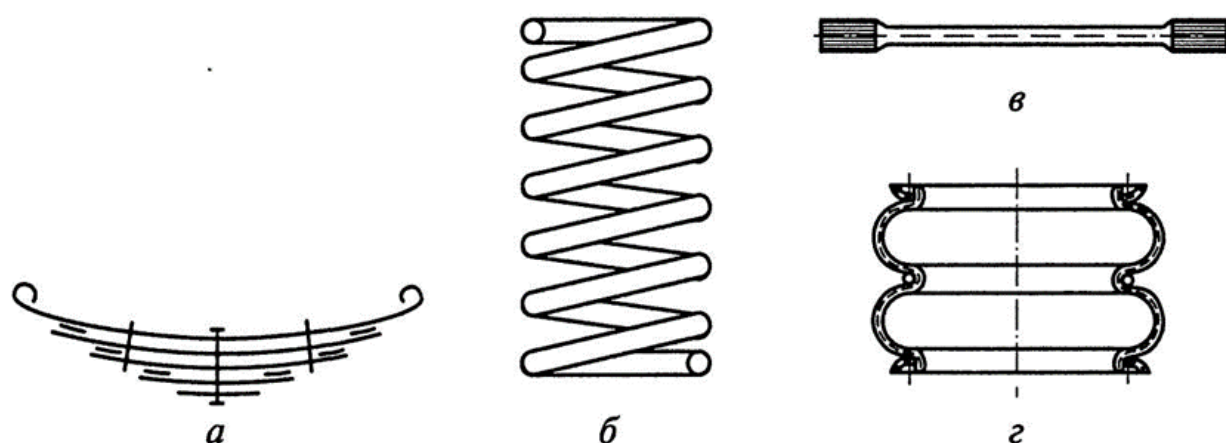
«Устойчивость автомобиля при торможении может быть нарушена вследствие неправильного размещения груза в кузове. Так, например, при несовпадении центра тяжести груза с продольной осью автомобиля сила инерции  $PI_1$  (рисунок 3, а), возникающая при торможении, создает поворачивающий момент, характеризуемый плечом  $SЦ$ . Если при этом заблокированы передние колеса автомобиля, то их сцепление с дорогой меньше, чем у задних колес. В результате под действием момента  $PI_1SЦ$  автомобиль поворачивается относительно точки А оси задних колес. Расстояние  $SЦ$  в этом случае быстро уменьшается до нуля и поворот автомобиля прекращается. При блокировке задних колес (рисунок 3, б) автомобиль поворачивается относительно точки Б оси передних колес. При этом расстояние  $SЦ$  увеличивается, что может привести к заносу автомобиля.» [3]

Устойчивость автомобиля зависит от сочетания всех этих факторов конструкции подвески. Оптимальная устойчивость достигается при правильной геометрии подвески, оптимальной жесткости подвески, правильном распределении веса и низком центре тяжести. При проектировании и настройке подвески необходимо учитывать и балансировать все эти аспекты для достижения максимальной устойчивости автомобиля.

### **1.3 Анализ влияния конструкции подвески на плавность движения транспортного средства**

«Плавность хода является важным эксплуатационным свойством автомобиля, от которого во многом зависят средняя скорость движения, производительность, расход топлива, межремонтный пробег, комфортабельность езды, сохранность перевозимого груза и защита автомобиля, его систем и механизмов от воздействия неровностей дороги.» [4]

Тип и характеристики упругих элементов, используемых в подвеске, оказывают влияние на плавность хода. Упругие элементы подвески могут быть выполнены из различных материалов, таких как сталь, алюминий или композитные материалы, могут иметь различные коэффициенты жесткости. Правильно настроенные упругие элементы помогают поглощать удары и вибрации от неровностей дороги, что способствует плавному ходу.



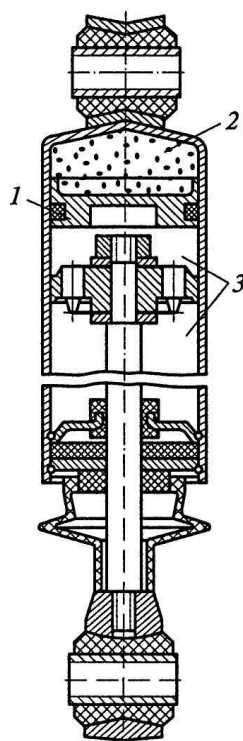
а – рессора; б – пружина; в – торсион; г – пневматический баллон

Рисунок 4 – Упругие элементы подвески

«В качестве упругого устройства в подвесках автомобилей используют листовые рессоры, пружины, торсионы и пневматические баллоны (рисунок 4). Пружины и торсионы имеют меньшую массу по сравнению с листовыми рессорами. Они более долговечны, не обладают сухим трением, просты по конструкции и удобны для обслуживания при эксплуатации. Поэтому в передних независимых подвесках легковых автомобилей применяют пружины и торсионы, обеспечивающие лучшую плавность хода, чем рессоры.» [5]

Амортизаторы играют важную роль в контроле подвески и поглощении колебаний от неровностей дороги. Они должны быть настроены таким образом, чтобы обеспечить смягчение ударов и вибраций, при этом сохраняя устойчивость и контроль над автомобилем.

«Амортизаторы высокого давления (газонаполненные, рисунок 5), обеспечивают лучшую плавность хода, чем амортизаторы низкого давления. Это связано с лучшими условиями работы амортизаторной жидкости в газонаполненных амортизаторах: более эффективным охлаждением, меньшим внутренним давлением, отсутствием вспенивания. Кроме того, амортизаторы высокого давления можно устанавливать на автомобиле в любом положении (от горизонтального до вертикального) благодаря наличию плавающего поршня, разделяющего амортизаторную жидкость и газ. Однако газонаполненные амортизаторы имеют большую длину и стоимость, чем амортизаторы низкого давления.» [4]



1 – плавающий поршень; 2 – газ; 3 – амортизаторная жидкость

Рисунок 5 – Газонаполненный амортизатор

Различные типы рычагов подвески, такие как продольные, поперечные или многосторонние рычаги, могут влиять на плавность хода автомобиля. Они определяют геометрию движения подвески и ее способность адаптироваться к неровностям дороги. Правильно спроектированные рычаги помогают уменьшить перекачку колес и улучшают плавность хода.

«Независимая подвеска колес обеспечивает лучшую плавность хода, чем зависимая. При использовании независимой подвески (рисунок 6, б) в отличие от зависимой (рисунок 6, а) колеса автомобиля не имеют связи между собой и перемещение одного колеса не вызывает перемещения другого. Кроме того, передняя независимая подвеска управляемых колес позволяет получить статический прогиб, приблизительно равный статическому прогибу задней зависимой подвески.» [4]

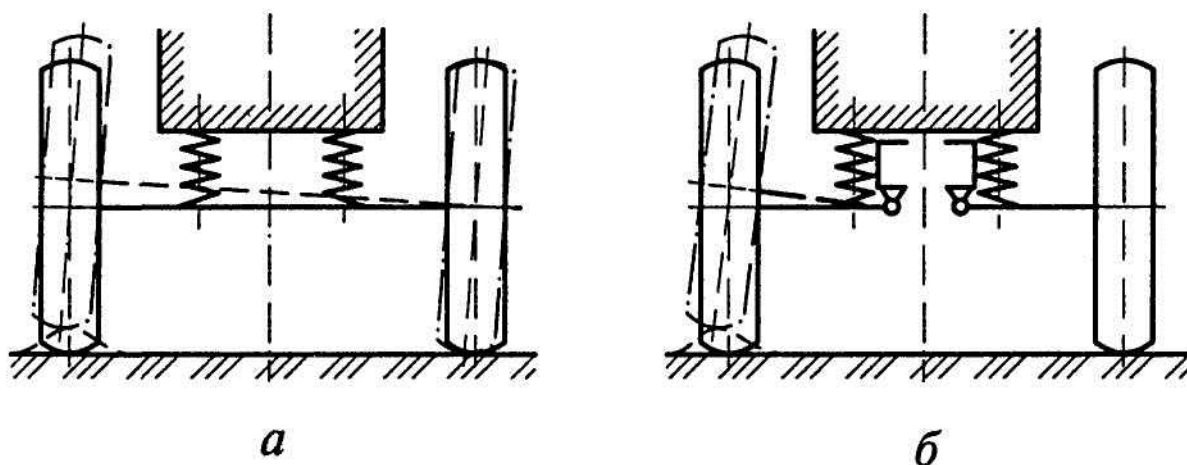


Рисунок 6 – Схемы зависимой (а) и независимой (б) подвесок колес автомобиля

Размер и тип колес и шин также оказывают влияние на плавность хода. Более высокие профили шин и использование амортизационного слоя помогают поглощать удары и вибрации от неровностей дороги, улучшая плавность хода автомобиля.

Некоторые автомобили оснащены системами управления подвеской, которые позволяют регулировать уровень жесткости и амортизации подвески в зависимости от условий дороги и предпочтений водителя. Это может способствовать более плавному ходу автомобиля и улучшить комфорт вождения.

Все эти факторы конструкции подвески взаимосвязаны и должны быть сбалансированы для достижения оптимальной плавности хода автомобиля. Оптимальная плавность хода достигается при сочетании правильно настроенных пружин, амортизаторов и геометрии подвески, а также правильно подобранных колес и шин.

В первом разделе дипломного проекта был проведен анализ комплекса факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики транспортного средства. В процессе анализа конструкции подвески на эксплуатационные качества автомобиля были получены следующие выводы.

Конструкция подвески автомобиля оказывает существенное влияние на его управляемость. Правильно спроектированная и настроенная подвеска обеспечивает точное и плавное выполнение команд водителя, улучшает устойчивость автомобиля на дороге и повышает общую безопасность вождения.

Оптимальная управляемость автомобиля достигается при сбалансированном сочетании факторов, таких как тип подвески, распределение веса, аэродинамика и состояние шин. Важно учитывать взаимодействие всех этих факторов при проектировании и настройке подвески.

Конструкция подвески также оказывает влияние на устойчивость автомобиля. Правильное распределение веса, низкий центр тяжести, геометрия подвески и настройка амортизаторов способствуют улучшению устойчивости автомобиля, что позволяет более безопасно и комфортно управлять им на дороге.

Плавность хода автомобиля также зависит от конструкции подвески. Правильно настроенные пружины и амортизаторы, геометрия подвески, тип и размер колес и шин, а также системы управления подвеской влияют на поглощение ударов и вибраций от неровностей дороги, что обеспечивает более плавный ход автомобиля и повышает комфорт вождения.

Важно проводить регулярное техническое обслуживание подвески и проверять ее состояние, чтобы обеспечить оптимальные эксплуатационные характеристики автомобиля. Использование качественных компонентов и правильная настройка подвески также важны для достижения оптимальных результатов.

В целом, анализ конструкции подвески на эксплуатационные качества автомобиля позволяет понять важность правильного проектирования, настройки и обслуживания подвески для обеспечения оптимальных управляемости, устойчивости и плавности хода автомобиля. Это особенно актуально с точки зрения безопасности и комфорта вождения.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Исходные данные для расчета

«Тяговый расчет транспортного средства выполняется для уточнения мощностных параметров транспортного средства. Также тяговый расчёт выполняется для выбора необходимых параметров для расчёта тормозной системы автомобиля.» [1]

Исходные данные для производимого в разделе расчета представим в таблице 1. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для выполнения тягового расчета, а именно автомобиля КамАЗ-62255.

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения тягового расчета

Параметр	Значение	Размерность
Полная масса, $M_a$	15350	кг
Сухая масса, $M_o$	9200	кг
Максимальная скорость, $V_{max}$	105	км/ч
Мощность двигателя, $N_{max}$	157	кВт
Рабочая скорость, $V_{раб}$	1,1	м/с
Обороты максимальный мощности, $n_{Nmax}$	2600	об/мин
Минимальные обороты, $n_{min}$	600	об/мин
Максимальные обороты, $n_{max}$	2930	об/мин
Радиус колеса, $r_k$	0,508	м
Площадь лобовая, $F$	6	м <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная, $g$	9,81	м/с <sup>2</sup>
Передаточное число главной передачи, $U_{гп}$	6,53	-
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,82	-



Продолжение таблицы 1

Параметр	Значение	Размерность
Коэффициент сопротивления, К	0,65	-
Коэффициент сопротивления качения, $f$	0,02	-

## 2.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

Тяговый расчет начинаем с расчета и графического построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства.

«Рассчитывают величины эффективной мощности  $N_e$  и крутящего момента  $T_e$  в зависимости от частоты вращения двигателя  $n_e$ , при полном открытии дроссельной заслонки или полной подаче топлива, по уравнениям:» [5]

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

$$T_e = 9550 \frac{N_e}{n_e}, \text{ Нм} \quad (2)$$

Расчёт значений мощности и крутящего момента выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

$n_e$ , об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
$N_e$ , кВт	29,56	57,38	87,39	115,95	139,37	154	156,8
$T_e$ , Нм	470,59	547,9	596,17	615,19	605,01	565,6	511,2

Также результаты расчета используются для построения диаграммы внешней скоростной характеристики, вынесенной на лист графической части.

### 2.3 Расчет силового баланса

«Силовой баланс строят, зная тяговую характеристику автомобиля и силы сопротивления дороги и воздуха.

Уравнение силового баланса имеет вид:» [7], [20]

$$P_T = P_{\partial} + P_{\epsilon} + P_u \quad (3)$$

Произведем расчет тягового усилия на ведущих колесах:

$$P_T = \frac{T_{\epsilon} \cdot U_K \cdot U_{\text{П}} \cdot U_{\partial}}{r_K} \cdot \eta_{TP} \quad (4)$$

Рассчитаем силу сопротивления дорожного полотна:

$$P_{\partial} = G_a \cdot \psi \quad (5)$$

где  $\psi$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги.

«Для горизонтальной дороги  $\psi = f$  может быть определён по формуле:» [7]

$$f = f_0 \left( 1 + \frac{v_a^2}{20000} \right) \quad (6)$$

«где  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению для сухого асфальтового покрытия, при  $V_a = 10 \dots 15$  км/ч;

$V_a$  – скорость автомобиля, км/ч» [19]

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:

$$P_{\varepsilon} = \frac{K \cdot F \cdot v_a^2}{13} \quad (7)$$

Скорость автомобиля на каждой передаче определяют по формуле:

$$V_a = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{\text{ГП}} \cdot U_K \cdot U_{\partial}} \quad (8)$$

Расчёт значений скорости и тяговой силы на каждой из передач выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчёта значения приведены в таблице 3 и таблице 4.

Таблица 3 – Расчёт значений скорости и тяговой силы на каждой из передач

не, об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
V <sub>1</sub>	2,25	3,75	5,25	6,75	8,25	9,75	10,98
P <sub>T1</sub>	38789,97	45168,52	49141,32	50708,37	49869,66	46625,21	42137,46
V <sub>2</sub>	2,75	4,59	6,43	8,27	10,11	11,95	13,46
P <sub>T2</sub>	31647,06	36851,04	40092,28	41370,76	40686,5	38039,5	34378,13
V <sub>3</sub>	4,36	7,27	10,18	13,09	16,01	18,92	21,32
P <sub>T3</sub>	19990,23	23277,38	25324,75	26132,32	25700,1	24028,08	21715,34
V <sub>4</sub>	5,34	8,91	12,48	16,04	19,61	23,17	26,11
P <sub>T4</sub>	16319,57	19003,12	20674,54	21333,83	20980,97	19615,98	17727,91
V <sub>5</sub>	7,038873	11,73145	16,42404	21,11	25,80	30,50	34,37
P <sub>T5</sub>	12400,89	14440,06	15710,14	16211,11	15942,99	14905,76	13471,05
V <sub>6</sub>	8,62607	14,37	20,12	25,87	31,62	37,37	42,12
P <sub>T6</sub>	10119,12	11783,09	12819,47	13228,27	13009,48	12163,1	10992,38
V <sub>7</sub>	11,50	19,16	26,83	34,50	42,17	49,83	56,16
P <sub>T7</sub>	7589,34	8837,31	9614,60	9921,20	9757,10	9122,32	8244,28
V <sub>8</sub>	14,07	23,46	32,84	42,23	51,61	61	68,74

Продолжение таблицы 3

не, об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
P <sub>Т8</sub>	6200,44	7220,03	7855,07	8105,55	7971,49	7452,87	6735,52
V <sub>9</sub>	17,59	29,32	41,06	52,79	64,52	76,25	85,93
P <sub>Т9</sub>	4960,35	5776,02	6284,05	6484,44	6377,19	5962,30	5388,42
V <sub>10</sub>	21,59	35,98	50,38	64,77	79,16	93,56	105,43
P <sub>Т10</sub>	4042,68	4707,46	5121,50	5284,82	5197,41	4859,27	4391,56

Таблица 4 – Расчёт значений силы сопротивления воздуха и дорожного полотна в зависимости от скорости движения

V <sub>a</sub>	15	30	45	60	75	90	105
P <sub>в</sub>	67,5	270	607,5	1080	1687,5	2430	3307,5
P <sub>д</sub>	3541,569	3659,768	3856,765	4132,561	4487,155	4920,549	5432,741

Также результаты расчета используются для построения диаграмм силового баланса, выносимого на лист графической части.

## 2.4 Расчет динамического фактора

«Динамический фактор определяют при полной нагрузке автомобиля по формуле:» [1]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_n} \quad (9)$$

Расчёт значений динамического фактора на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 5.

Таблица 5 - Расчёт значений динамического фактора на каждой из передач в зависимости от скорости

V <sub>1</sub>	2,250279	3,750465	5,250651	6,750837	8,251023	9,751209	10,98886
D <sub>1</sub>	0,221511	0,257922	0,280586	0,289504	0,284676	0,266102	0,240429
V <sub>2</sub>	2,758179	4,596965	6,435751	8,274537	10,11332	11,95211	13,46911
D <sub>2</sub>	0,180715	0,210411	0,228886	0,236141	0,232175	0,216989	0,196014
V <sub>3</sub>	4,366546	7,277577	10,18861	13,09964	16,01067	18,9217	21,3233
D <sub>3</sub>	0,114126	0,13284	0,144445	0,148941	0,146328	0,136605	0,123232
V <sub>4</sub>	5,348688	8,914479	12,48027	16,04606	19,61185	23,17765	26,11942
D <sub>4</sub>	0,093148	0,108386	0,1178	0,121391	0,119158	0,111101	0,100071
V <sub>5</sub>	7,038873	11,73145	16,42404	21,11662	25,8092	30,50178	34,37316
D <sub>5</sub>	0,070733	0,082228	0,089254	0,091814	0,089905	0,083529	0,074906
V <sub>6</sub>	8,62607	14,37678	20,1275	25,87821	31,62892	37,37964	42,12397
D <sub>6</sub>	0,05766	0,066936	0,072515	0,074396	0,07258	0,067067	0,059735
V <sub>7</sub>	11,50143	19,16904	26,83666	34,50428	42,1719	49,83951	56,1653
D <sub>7</sub>	0,043114	0,049838	0,053673	0,054618	0,052673	0,04784	0,041677
V <sub>8</sub>	14,07775	23,46291	32,84807	42,23324	51,6184	61,00357	68,74633
D <sub>8</sub>	0,03507	0,040289	0,04301	0,043233	0,040958	0,036186	0,030368
V <sub>9</sub>	17,59718	29,32864	41,06009	52,79155	64,523	76,25446	85,93291
D <sub>9</sub>	0,027797	0,031512	0,032998	0,032256	0,029286	0,024087	0,018121
V <sub>10</sub>	21,59163	35,98606	50,38048	64,7749	79,16933	93,56375	105,4391
D <sub>10</sub>	0,022288	0,024664	0,024899	0,022992	0,018943	0,012752	0,006032

## 2.5 Расчет мощностного баланса

«По аналогии с уравнением силового баланса уравнение мощностного баланса можно записать в следующем виде:» [1]

$$N_T = N_{\partial} + N_{\varepsilon} + N_u \quad (10)$$

«Решить это уравнение можно графически, для чего построим график мощностного баланса. На этот график нанесём зависимости на всех передачах, мощности двигателя ( $N_E$ ) на высшей передаче, мощности заданного дорожного сопротивления ( $N_d$ ) и суммарной мощности дорожного и воздушного сопротивления ( $N_d + N_E$ ) от скорости движения автомобиля.

Тяговая мощность определяется по уравнению:» [1]

$$N_T = N_E \cdot \eta_{TP} \quad (11)$$

«График тяговой мощности строится на каждой передаче в зависимости от скорости движения, соответствующей частоте вращения, для которой определялась мощность по скоростной характеристике.» [10]

«Эффективная мощность двигателя ( $N_e$ ) строится в зависимости от скорости только на высшей передаче.

Мощности дорожного сопротивления и сопротивления воздуха рассчитывают в зависимости от скорости автомобиля по уравнениям:» [1]

$$N_d = \frac{P_d \cdot V_a}{3600} = \frac{G_a \cdot \psi \cdot V_a}{3600}, \text{ кВт} \quad (12)$$

$$N_E = \frac{P_E \cdot V_a}{3600} = \frac{K \cdot F \cdot V_a^3}{46800}, \text{ кВт} \quad (13)$$

Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведены в таблице 6 и таблице 7.

Таблица 6 – Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач

ne	$N_T$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$
600	24,24	2,25	2,758	4,367	5,349	7,039	8,626	11,5	14,08	17,6	21,59
1000	47,05	3,75	4,597	7,278	8,914	11,73	14,38	19,17	23,46	29,33	35,99

Продолжение таблицы 6

ne	NT	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1400	71,67	5,251	6,436	10,19	12,48	16,42	20,13	26,84	32,85	41,06	50,38
1800	95,08	6,751	8,275	13,1	16,05	21,12	25,88	34,5	42,23	52,79	64,77
2200	114,3	8,251	10,11	16,01	19,61	25,81	31,63	42,17	51,62	64,52	79,17
2600	126,3	9,751	11,95	18,92	23,18	30,5	37,38	49,84	61	76,25	93,56
2930	128,6	10,99	13,47	21,32	26,12	34,37	42,12	56,17	68,75	85,93	105,4

Таблица 7 - Изменение мощности сопротивления от скорости.

Va	15	30	45	60	75	90	105
Nв, кВт	0,281	2,25	7,594	18	35,16	60,75	96,47
Nд, кВт	14,76	30,5	48,21	68,88	93,48	123	158,5

## 2.6 Расчет ускорений транспортного средства

Произведем расчет ускорения транспортного средства на горизонтальном участке дороги:

$$j = \frac{D-\psi}{\delta} \cdot g, \text{ м/с}^2 \quad (14)$$

где  $j$  – ускорение автомобиля;

$\psi$  – коэффициент сопротивления дороги, соответствующий расчётной скорости движения автомобиля;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$\delta$  – коэффициент учёта вращающихся масс, определяемый по уравнению:

$$\delta = 1,03 + B \cdot U_K^2 \quad (15)$$

Для грузовых автомобилей значение  $B = 0,04 - 0,05$ .

Расчёт значений ускорений на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 8.

Таблица 8 - Расчёт значений ускорений на каждой из передач

V <sub>1</sub>	2,250279	3,750465	5,250651	6,750837	8,251023	9,751209	10,98886
j <sub>1</sub>	0,522699	0,617124	0,67588	0,698966	0,686384	0,638132	0,571473
V <sub>2</sub>	2,758179	4,596965	6,435751	8,274537	10,11332	11,95211	13,46911
j <sub>2</sub>	0,550911	0,652662	0,715926	0,740703	0,726993	0,674796	0,60276
V <sub>3</sub>	4,366546	7,277577	10,18861	13,09964	16,01067	18,9217	21,3233
j <sub>3</sub>	0,524291	0,628362	0,692732	0,717401	0,702368	0,647635	0,572592
V <sub>4</sub>	5,348688	8,914479	12,48027	16,04606	19,61185	23,17765	26,11942
j <sub>4</sub>	0,472815	0,57102	0,631403	0,653964	0,638703	0,58562	0,513354
V <sub>5</sub>	7,038873	11,73145	16,42404	21,11662	25,8092	30,50178	34,37316
j <sub>5</sub>	0,379187	0,464522	0,516103	0,533931	0,518006	0,468327	0,401932
V <sub>6</sub>	8,62607	14,37678	20,1275	25,87821	31,62892	37,37964	42,12397
j <sub>6</sub>	0,302904	0,376593	0,419951	0,43298	0,41568	0,368049	0,305922
V <sub>7</sub>	11,50143	19,16904	26,83666	34,50428	42,1719	49,83951	56,1653
j <sub>7</sub>	0,198577	0,254644	0,284729	0,288831	0,26695	0,219088	0,160041
V <sub>8</sub>	14,07775	23,46291	32,84807	42,23324	51,6184	61,00357	68,74633
j <sub>8</sub>	0,132588	0,175978	0,195527	0,191235	0,163102	0,111128	0,050302
V <sub>9</sub>	17,59718	29,32864	41,06009	52,79155	64,523	76,25446	85,93291
j <sub>9</sub>	0,068324	0,097202	0,103232	0,086414	0,046748	-	-
V <sub>10</sub>	21,59163	35,98606	50,38048	64,7749	79,16933	93,56375	105,4391
j <sub>10</sub>	0,016863	0,031187	0,021852	-	-	-	-

Время разгона определяют, зная ускорение и скорость автомобиля.

При ускоренном движении автомобиля ускорение равно:

$$j = \frac{dV_a}{3,6 \cdot dt} \quad (16)$$



«Так как отсутствует аналитическая связь между ускорением  $j$  и скоростью  $V_a$ , то решение проводим графоаналитическим методом, пользуясь графиком ускорения автомобиля. Кривую ускорений разобьём на ряд интервалов и предположим, что в каждом интервале скоростей автомобиль разгоняется с постоянным средним ускорением ( $j_{cp}$ ). Величину определим по формуле:» [1]

$$j_{cp} = \frac{j_1 + j_2}{2} \quad (17)$$

где  $j_1, j_2$  – ускорения соответственно в начале и конце интервала скорости ( $V_1, V_2$ ).

## 2.7 Расчет времени и пути разгона транспортного средства

«Для точности расчётов интервал скорости берут равным 2 – 3 км/ч на первой передаче, 10 – 15 км/ч – на высшей передаче и 5 – 10 км/ч – на промежуточных передачах.

Если взять интервал скоростей от  $V_1$  –  $V_2$ , например, то среднее ускорение на этом участке ( $j_{cp}$ ) равно:» [1]

$$j_{cp} = \frac{V_2 - V_1}{3,6 \cdot \Delta t_1} = \frac{\Delta V_1}{3,6 \cdot \Delta t_1} \quad (18)$$

Следовательно, время разгона в том же интервале изменения скорости определяется как:

$$\Delta t_1 = \frac{V_2 - V_1}{3,6 \cdot j_{cp}} = \frac{\Delta V_1}{3,6 \cdot j_{cp}} \quad (19)$$

Пользуясь полученным выражением, определим время разгона и на всех других интервалах скоростей. Общее время разгона составит:

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n \quad (20)$$

Расчёт значений времени разгона в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 9. Также значения выносятся в соответствующей диаграмме на лист графической части.

Таблица 9 – Расчёт значений времени разгона в зависимости от скорости

Va, км/ч	ΔV, км/ч	Jcp, м/с <sup>2</sup>	Δt, с	T, с
0	0	0	0	195,7266
2	2	0,26	2,136752	
4	2	0,46	1,207729	
6	2	0,66	0,841751	
8	2	0,7	0,793651	
10	2	0,73	0,761035	
12	2	0,72	0,771605	
14	2	0,709	0,783576	
20	6	0,65	2,564103	
25	5	0,59	2,354049	
30	5	0,51	2,723312	
35	5	0,428	3,245067	
40	5	0,34	4,084967	
45	5	0,258	5,38329	
50	5	0,23	6,038647	
55	5	0,2	6,944444	
60	5	0,12	11,57407	
65	5	0,03	46,2963	
70	5	0,025	55,55556	
73	3	0,02	41,66667	

«По значениям  $\Delta t$ , определённым для различных скоростей, строим кривую времени разгона, начиная её от значения  $V_{\min}$ , для которого  $t = 0$ . Для скорости  $V_2$  откладывают значение  $\Delta t_1$ ; для скорости  $V_3$  – значение времени разгона ( $\Delta t_1 + \Delta t_2$ ).

Время переключения передач ( $t_{\text{пп}}$ ) не учитываются.

Путь разгона  $S$  зависит от скорости автомобиля и его времени разгона:» [1]

$$V_a = \frac{dS}{dt} \quad (21)$$

Тогда путь разгона, например, в интервале скоростей равен:

$$\Delta S_1 = \frac{V_{cp} \cdot \Delta t_1}{3,6} = \frac{V_{cp} \cdot \Delta V_1}{13 \cdot j_{cp}} \quad (22)$$

«Пользуясь полученным выражением, рассчитывают путь разгона на всех выбранных интервалах, начиная с  $V_{\min}$ . Для последующих скоростей расчёт пути разгона ведётся аналогично времени разгона.» [15]

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n \quad (23)$$

Расчёт значений пути разгона в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 10. Также значения выносятся в соответствующей диаграмме на лист графической части.

Таблица 10 – Путь разгона автомобиля.

$V_a$ , км/ч	$V_{ср}$ , км/ч	$\Delta t$ , с	$\Delta S$ , м	$S$ , м
0	0	0	0	3233,208
2	1	2,136752	0,593542	
4	3	1,207729	1,006441	
6	5	0,841751	1,169098	
8	7	0,793651	1,54321	
10	9	0,761035	1,902588	
12	11	0,771605	2,357682	
14	13	0,783576	2,829581	
20	17	2,564103	12,10826	
25	22,5	2,354049	14,71281	
30	27,5	2,723312	20,80307	
35	32,5	3,245067	29,29575	
40	37,5	4,084967	42,55174	
45	42,5	5,38329	63,55273	
50	47,5	6,038647	79,6766	
55	52,5	6,944444	101,2731	
60	57,5	11,57407	184,8637	
65	62,5	46,2963	803,7551	
70	67,5	55,55556	1041,667	
73	71,5	41,66667	827,5463	

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях,

почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Рассчитанная в разделе мощность 176 кВт соответствует мощности двигателя автомобиля КамАЗ, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в исходных данных также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

### **3 Конструкторский раздел дипломного проекта**

#### **3.1 Назначение, устройство и общая характеристика подвески транспортного средства категории N3**

Пневматическая подвеска – это тип подвески, в которой воздушные пружины используются для поддержания и контроля высоты автомобиля, а также для амортизации ударов и вибраций от неровностей дороги. Конструкция пневматической подвески включает в себя следующие основные компоненты.

Воздушные пружины – это основной элемент пневматической подвески. Они изготавливаются из резинового материала и заполнены сжатым воздухом. Воздушные пружины поддерживают вес автомобиля и позволяют регулировать высоту подвески в зависимости от нагрузки и условий дороги.

Компрессор служит для накачивания воздуха в пружины. Он обеспечивает постоянное давление в системе пневматической подвески и контролирует высоту автомобиля.

Распределительный клапан контролирует распределение давления воздуха между пружинами подвески. Он позволяет поддерживать равномерный и стабильный уровень высоты автомобиля на всех колесах.

Амортизаторы в пневматической подвеске выполняют функцию поглощения ударов и вибраций от неровностей дороги. Они содержат в себе средневязкое масло или газ и контролируют колебания пружин, обеспечивая плавность хода и комфорт вождения.

В современных пневматических подвесках применяются датчики, которые мониторят положение автомобиля, нагрузку и другие параметры. Эта информация передается в электронную систему управления, которая регулирует давление воздуха и уровень высоты подвески для обеспечения оптимальной устойчивости и комфорта.

Пневматическая подвеска имеет ряд преимуществ, таких как возможность регулировки высоты подвески, амортизации ударов и вибраций, улучшенная устойчивость и комфорт вождения на неровных дорогах. Она особенно полезна для автомобилей с большой нагрузкой или для тех, кто ищет более плавный и комфортный ход. Однако пневматическая подвеска также требует более сложной и дорогостоящей конструкции и технического обслуживания.

Можно выделить три основных типа пневмоподвески: одно-, двух- и четырехконтурная. 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 (рисунок 7).

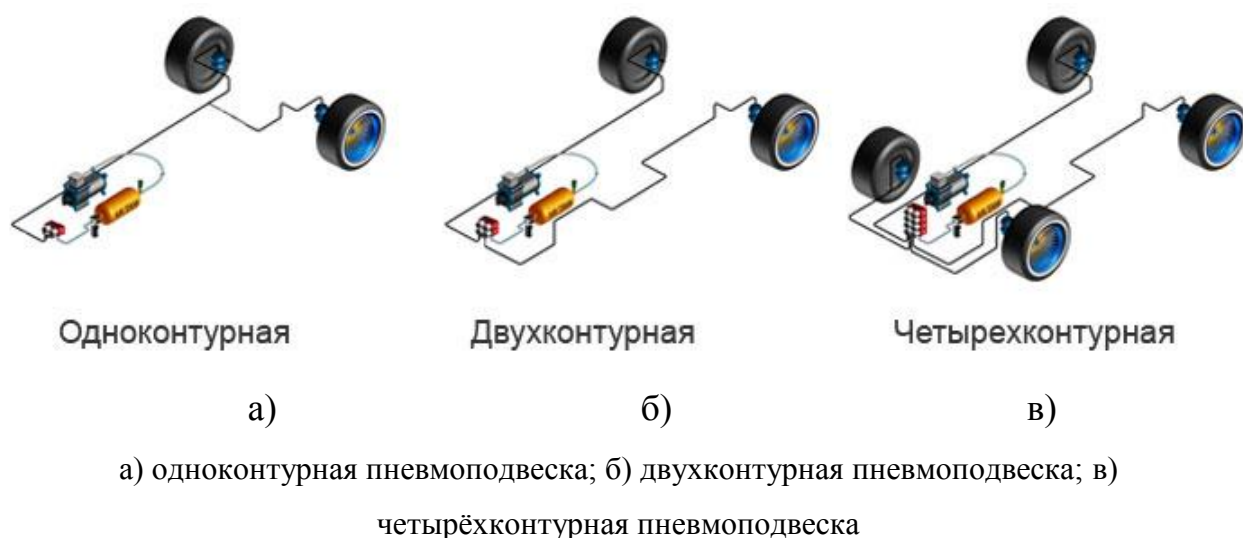


Рисунок 7 – Разновидности пневматических подвесок

«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.

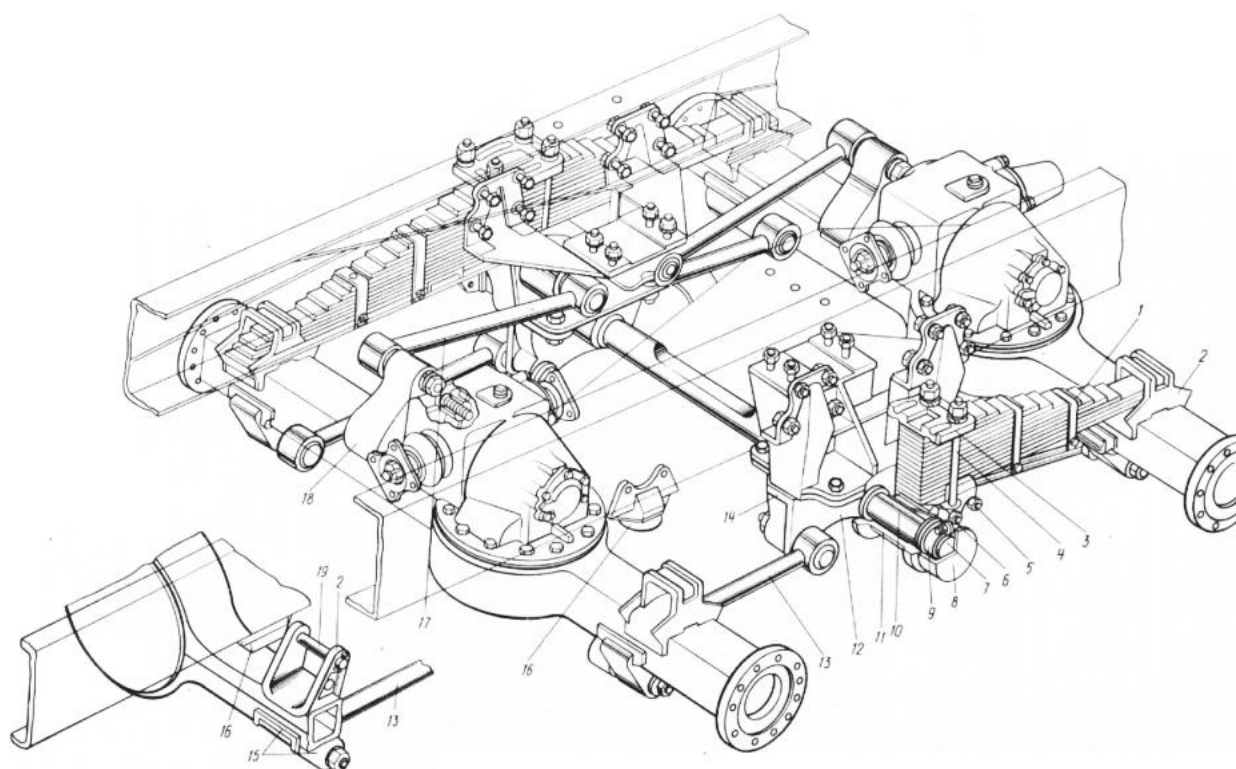
Двухконтурная система пневмоподвески может быть установлена как на одну ось, так и на две. В случае с установкой на одну ось, осуществляется независимое регулирование колес. Если двухконтурная система осуществляет управление двумя осями, то это аналогично двум одноконтурным системам.

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.» [12]

Для грузовых автомобилей подвеска имеет характерную конструкцию, имеющих ряд общих конструктивных элементов. Для рассматриваемого грузового автомобиля на задней оси применяется балансирная подвеска.

«На рисунке 8 показана балансирная подвеска грузового автомобиля ЗИЛ-131. Она выполнена на двух продольных полуэллиптических листовых рессорах с шестью продольными реактивными штангами. Рессора 1 средней частью прикреплена к ступице 9 посредством накладки 3 и стремянок 4. Концы рессоры свободно установлены в опорах 2, приваренных к балкам мостов. Ступица размещена на конце оси 8 на втулке, которая изготовлена из антифрикционного материала и запрессована в ступицу. Ступица закреплена на оси гайкой 7 и снаружи закрыта крышкой 6. В крышке имеется отверстие с пробкой 5 для заливки масла, а в ступице - отверстие с пробкой для его слива. Для предотвращения вытекания масла и защиты ступицы от загрязнения с внутренней ее стороны установлены самоподжимной сальник, а также уплотнительные кольца. Ось 8 запрессована в кронштейны 10 и установлена на раме поперек автомобиля в кронштейнах 12» [5], [6].





1 – рессора; 2 – опора; 3 – накладки; 4 – стремянки; 5 – пробка; 6 – крышка; 7 – гайка; 8 – ось; 9 – ступица; 10 – кронштейн; 11 – штанги; 12 – кронштейн; 13 – буфер; 14 – отбойный лист

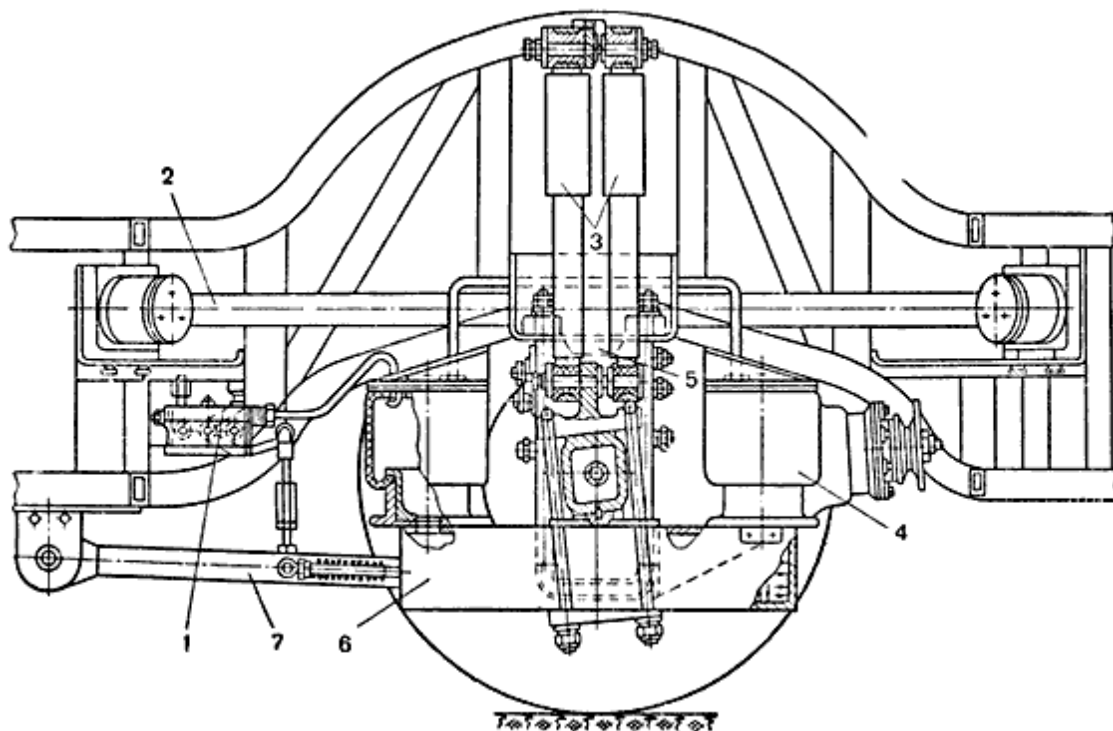
Рисунок 8 – Задняя балансирующая подвеска грузового автомобиля ЗИЛ-

131

«Каждый мост соединен с рамой тремя продольными реактивными штангами 11. Концы этих штанг закреплены в кронштейнах на раме и мостах. Для крепления используются неразборные шаровые шарниры, которые запрессованы в головки штанг. Шарнир состоит из шарового пальца, обоймы и вкладыша. Вкладыш изготовлен из тканой ленты, пропитанной специальным составом. Шарнир уплотнен защитным чехлом, под который заложен смазочный материал. Ход мостов вверх ограничивается резиновыми буферами 13, установленными на лонжеронах рамы, а ход мостов вниз – специальным отбойным листом 14, который находится между ступицей и рессорой.» [12], [25]

Для автобусов, относящихся к категории N3 применение в подвеске пневматических упругих элементов позволяет значительно увеличить комфортабельность транспортного средства.

«На рисунке 9 показана задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А. Подвеска выполнена на четырех пневматических баллонах с реактивными штангами, четырьмя гидравлическими телескопическими амортизаторами двустороннего действия и стабилизатором торсионного типа. Упругими элементами подвески являются двойные круглые баллоны 7, снабженные дополнительными резервуарами 3 и заполненные сжатым воздухом. Баллоны установлены попарно с каждой стороны между кузовом и специальными кронштейнами 8, закрепленными на балке заднего моста. В подвеске с каждой стороны расположено по два амортизатора 4 и буфера сжатия 6 и отдачи 5.» [12], [24]



1 – регулятор; 2 – верхняя тяга; 3 – амортизаторы; 4 – упругие элементы; 5 – буфер;  
6 – балка-резервуар; 7 – нижняя тяга

Рисунок 9 – Задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А

Подвеска грузового автомобиля 6х2 представляет собой конструкцию, которая обеспечивает поддержку и амортизацию для трех осей: одна передняя ось и две задние оси, причем только одна из них состоит из приводных колес.

Передняя ось грузового автомобиля 6х2 отвечает за непосредственную поддержку передней части автомобиля. Она имеет свою собственную систему подвески, которая может быть независимой или зависимой. Независимая подвеска оснащена амортизаторами и пружинами, которые поглощают удары и вибрации от неровностей дороги. Зависимая подвеска использует листовые или пластинчатые рессоры для амортизации и поддержки.

Задние оси грузового автомобиля 6х2 обычно состоят из двух осей, одна из которых является приводной. Каждая задняя ось имеет свою систему подвески, которая также может быть независимой или зависимой. Независимая подвеска оснащена амортизаторами и пружинами для амортизации и контроля движения каждого заднего колеса. Зависимая подвеска может включать использование листовых или пластинчатых рессор для амортизации и поддержки.

Рессоры – это основной элемент подвески грузового автомобиля 6х2. Они состоят из нескольких слоев листовой стали, которые гибко соединены между собой и обеспечивают поддержку, амортизацию и гибкость подвески. Рессоры могут быть установлены на каждую ось, а также между осью и рамой автомобиля. Амортизаторы служат для контроля движения подвески и амортизации ударов и вибраций. Они устанавливаются на каждую ось и работают в паре с рессорами, чтобы обеспечить более гладкое и комфортное движение автомобиля.

Грузовые автомобили 6х2 могут быть оснащены балансирующими устройствами, такими как стабилизаторы поперечной устойчивости или гидропневматические устройства, которые помогают улучшить устойчивость подвески и снизить наклон кузова при поворотах или при перевозке груза.

Устройство подвески грузового автомобиля 6х2 зависит от конкретной модели и производителя. Однако в целом, она включает в себя сочетание передней независимой или зависимой подвески, задних зависимых или независимых подвесок с рессорами и амортизаторами, а также может включать дополнительные балансировочные устройства для обеспечения оптимальной устойчивости и комфорта вождения.

На рисунке 10 представлена пневматическая подвеска грузового автомобиля Scania.

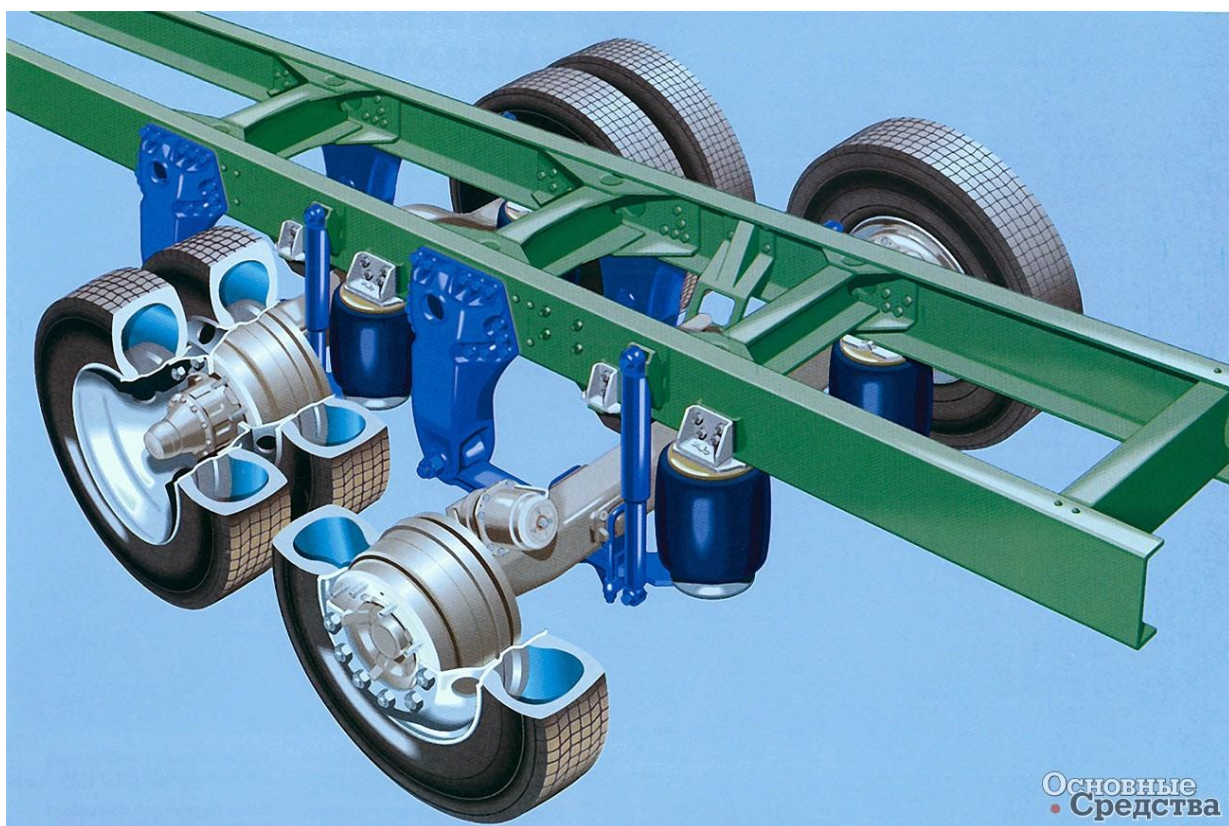
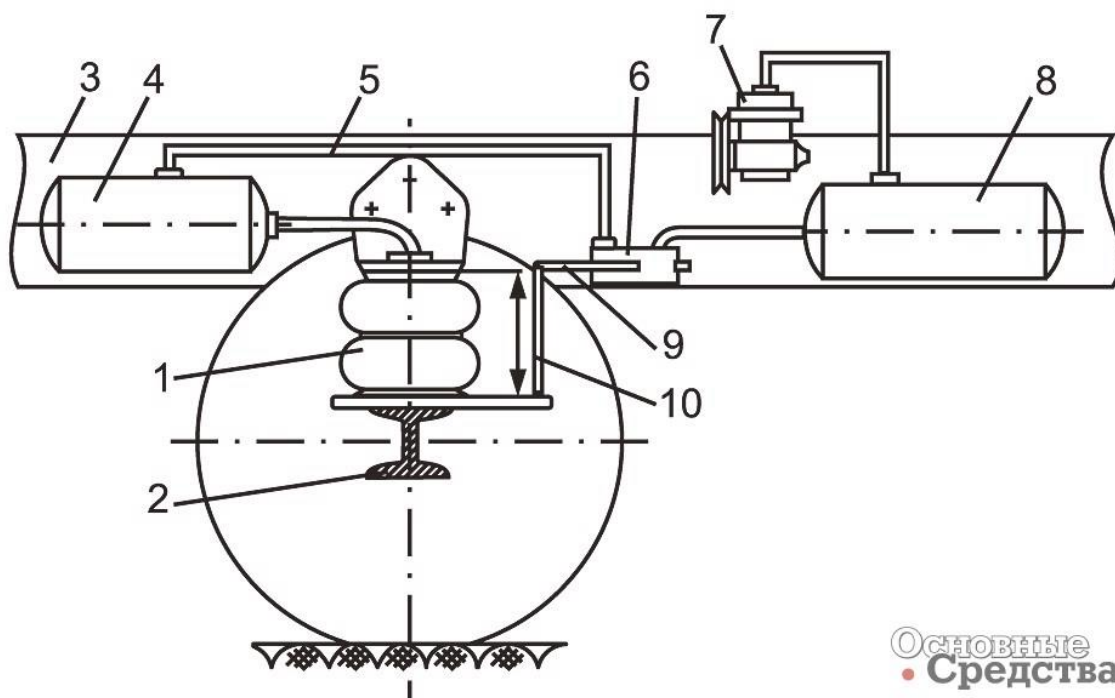


Рисунок 10 – Задняя пневматическая подвеска автомобиля Scania

«Принципиальная схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами и автоматическим регулированием положения кузова (рисунок 11) состоит из следующих основных элементов: 1 - упругий элемент; 2 - ось автомобиля; 3 - рама автомобиля; 4 - дополнительный

воздушный резервуар; 5 - воздуховод; 6 - регулятор положения кузова; 7 - компрессор; 8 – резервуар» [12], [23].



1 - упругий элемент; 2 - ось автомобиля; 3 - рама автомобиля; 4 - дополнительный воздушный резервуар; 5 - воздуховод; 6 - регулятор положения кузова; 7 - компрессор; 8 – резервуар

Рисунок 11 - Принципиальная схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами

«Анализ конструкций автомобилей показывает, что весовой коэффициент использования автомобиля, определяемый отношением полезной нагрузки к собственному весу, непрерывно увеличивается. Стремление к минимальному собственному весу, увеличению весового коэффициента использования автомобиля и максимальной комфортности приводит к тому, что подвески со стальными рессорами уже не всегда способны вписываться в предъявляемые к ним требования. Во многих случаях подвеска должна обеспечивать:

- максимальную плавность хода при отсутствии значительных взаимных смещений поддрессоренных и неподдрессоренных частей автомобиля;
- минимальный просвет между кузовом (шасси) и осями;
- постоянство высоты подножки или уровня пола при изменении нагрузки.

Общим недостатком пневматических подвесок является несовершенство и громоздкость устройства отбоя. Наиболее рациональным решением данного вопроса представляется создание единого конструктивного узла, объединяющего функции амортизатора и ограничителя отбоя.» [7], [22]

### 3.2 Расчёт упругих элементов подвески

«По техническим характеристикам автомобиля КамАЗ-65225 видно, что на седло автомобиля при полной загрузке действует масса 21400,0 кг, тогда на один баллон может действовать нагрузка равная:  $21400 / 4 \cdot 9,8 = 52430,0 \text{ Н.}$ » [12], [13]

Статическая нагрузка на пневматический упругий элемент определяется по формуле:

$$P_C = (P_1 - P_a) \cdot A_3, \quad (24)$$

«где  $P_1$  – давление воздуха в упругом элементе в положении статического равновесия,  $P_1 = 600,0 \text{ кПа}$ ;

$P_a$  – нормальное атмосферное давление,  $P_a = 100,0 \text{ кПа}$ ;

$A_3$  – эффективная площадь в положении статического равновесия,  $\text{м}^2$ .» [8], [10]

Эффективный диаметр упругого элемента  $d = 0,405 \text{ м}$ .

$$A_9 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,405^2}{4} = 0,129 \text{ м}^2. \quad (25)$$

Тогда:

$$P_C = (600,0 - 100,0) \cdot 0,129 = 64,50 \text{ кН}.$$

Определяем жёсткость упругого элемента в статическом положении:

$$c_y = \frac{n \cdot P_1}{V_1} \cdot A_9^2 + (P_1 - P_a) \cdot \frac{dA_9}{d\Delta y}, \quad (26)$$

где  $n$  – показатель политропы,  $n = 1$ ;

$V_1$  – объём воздуха в упругом элементе в положении статического равновесия,  $\text{м}^3$ :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \quad (27)$$

где  $h$  – высота пневмобаллона,  $h = 0,350 \text{ м}$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,405^2}{4} \cdot 0,350 = 0,045 \text{ м}^3.$$

Тогда:

$$c_y = \frac{1 \cdot 600,0}{0,045} \cdot 0,129^2 + (600,0 - 500,0) = 321,88 \text{ кПа}.$$

Таким образом, параметры упругого элемента подвески рассчитаны.

### 3.3 Расчёт параметров амортизатора подвески

«На автомобилях широко применяются гидравлические амортизаторы двухстороннего действия: рычажные и телескопические. Телескопические амортизаторы легче рычажных, имеют более развитую поверхность охлаждения, работают при меньших давлениях (2,5...5,0 МПа), технологичнее в производстве. В силу указанных преимуществ они получили широкое распространение на отечественных и зарубежных автомобилях. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизированы (ГОСТ 11728 – 76).

Быстрота затухания колебаний при работе упругих элементов подвески достигается созданием достаточно большой силы  $P_c$  сопротивления колебаниям. Эта сила создается межлистовым трением в шарнирах подвески и в основном сопротивлением амортизаторов. В первом приближении силу  $P_c$  можно считать пропорциональной скорости  $V$  колебаний кузова относительно колеса:» [9]

$$P_c = K_{\vartheta} \cdot V, \quad (28)$$

«где  $K_{\vartheta}$  - эквивалентный коэффициент, оценивающий сопротивление подвески колебаний и в основном зависящий от коэффициента  $K_a$  сопротивления амортизатора.» [14]

$$K_{\vartheta} = \frac{\psi \cdot P_{p.}}{31,3 \cdot \sqrt{f_{ст.}}}, \quad (29)$$

$$\text{где } \psi = \frac{K_{\vartheta}}{\sqrt{c_y \cdot M_0}} = 0,20;$$

$f_{ст.}$  - статический прогиб подвески,  $f_{ст.} = 0,166 \text{ м} = 16,61 \text{ см}$ ;

$P_{p.}$  - вес подressорной части, приходящейся на колесо в статическом положении,  $P_{p.} = 52430,0 \text{ Н}$ .



Тогда:

$$K_9 = \frac{0,20 \cdot 52430,0}{31,3 \cdot \sqrt{16,61}} = 82,11 \text{ Н с /см.}$$

$$P_c = 82,11 \cdot 75,0 = 6158,25 \text{ Н} = 6,16 \text{ кН.}$$

По полученным данным выбираем стандартные штатные амортизаторы.

### **3.4 Расчёт бортового компрессора пневматической сети**

Для расчета рабочего давления на входе магистрального воздухопровода следует сложить нормативное давление инструмента и все возможные потери давления:

Нормативное давление – 6,0 бар.

Потери давления:

- магистральная труба – 0,05 бар;
- распределительная труба – 0,05 бар;
- отвод – 0,05 бар;
- арматура – 0,60 бар;
- фильтры – 0,25 бар.

Суммарные потери давления - 7,0 бар.

Следовательно, для обеспечения нормативного давления 6,0 бар давление на входе магистрального воздухопровода должно составлять 7,0 бар (1 бар = 0,1 МПа, значит 7,0 бар = 700 кПа, так как в баллоне 600 кПа).

Следует отметить, что с учетом потерь давления в компрессорной станции рабочее давление в компрессоре должно быть еще выше!

Именно поэтому выбираем компрессор 18.3509015.

Технические характеристики выбранного компрессора:

- мощность – 3,30 кВт;
- число цилиндров – 1;
- производительность – 380 л/мин;
- создаваемое давление – 700,0 кПа;
- номинальный диаметр цилиндра – 92,0 мм;
- ход поршня – 46,0 мм;
- частота вращения вала – 2000,0 мин-1

Произведём проверочный расчёт:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{5,0}{3,14 \cdot 0,046^2} = 752,53 \text{ кПа} > 700,0 \text{ кПа} \quad (30)$$

$$S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,046^2 = 0,0066 \text{ м}^2. \quad (31)$$

$$T = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{3,30}{2000,0} = 4,78 \text{ кН м}. \quad (32)$$

$$P = \frac{T}{l} = \frac{4,78}{0,96} = 5,0 \text{ кН м}. \quad (33)$$

Расчётами подтверждается верность выбранного агрегата обеспечения давления в сети.

### 3.5 Расчёт стабилизатора поперечной устойчивости

Нагрузка на стабилизатор поперечной устойчивости определяется моментом закручивания вала стабилизатора:

$$M_{KP} = (R_z - g_K) \cdot l, \quad (34)$$

где  $R_z$  - приложенная нагрузка,  $R_z = R_z^1 = 52430,0 \text{ Н} = 52,43 \text{ кН}$ ;

$g_K$  - вес неподрессоренных масс,  $g_K = 0,5 \cdot 5625,0 = 2812,50$  Н;

$l$  - длина поворотной цапфы,  $l = 0,300$  м [9];

$$M_{KP} = (52430,0 - 2812,50) \cdot 0,30 = 14885,25 \text{ Н.}$$

Угол закручивания вала круглого стабилизатора поперечной устойчивости:

$$\theta^I = \frac{32 \cdot M_{KP} \cdot l_T}{\pi \cdot d_{CT}^4 \cdot G}, \quad (35)$$

где  $l_T$  - рабочая длина стабилизатора,  $l_T = 1,60$  м;

$d_{CT}$  - диаметр стабилизатора,  $d_{CT} = 0,030$  м;

$G$  - модуль упругости Юнга,  $G = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>.

$$\theta^I = \frac{32 \cdot 14885,25 \cdot 1,60}{3,14 \cdot 0,030^4 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 1,50^\circ.$$

Напряжение кручения вала стабилизатора поперечной устойчивости:

$$\tau_{KP} = \frac{16 \cdot M_{KP}}{\pi \cdot d_{CT}^3} = \frac{16 \cdot 14885,25}{3,14 \cdot 0,030^3} = 280,92 \text{ МПа} < 800 \dots 1000 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

### 3.6 Расчёт сварного шва крепления кронштейна к крышке верхней

«В современном машиностроении наиболее широкое применение имеет электросварка. Различают два основных вида электросварки: дуговую и контактную.

В данном конкретном случае считаем тавровое соединение

крепления кронштейна к крышке пневмобаллона (рисунок 12).» [16]

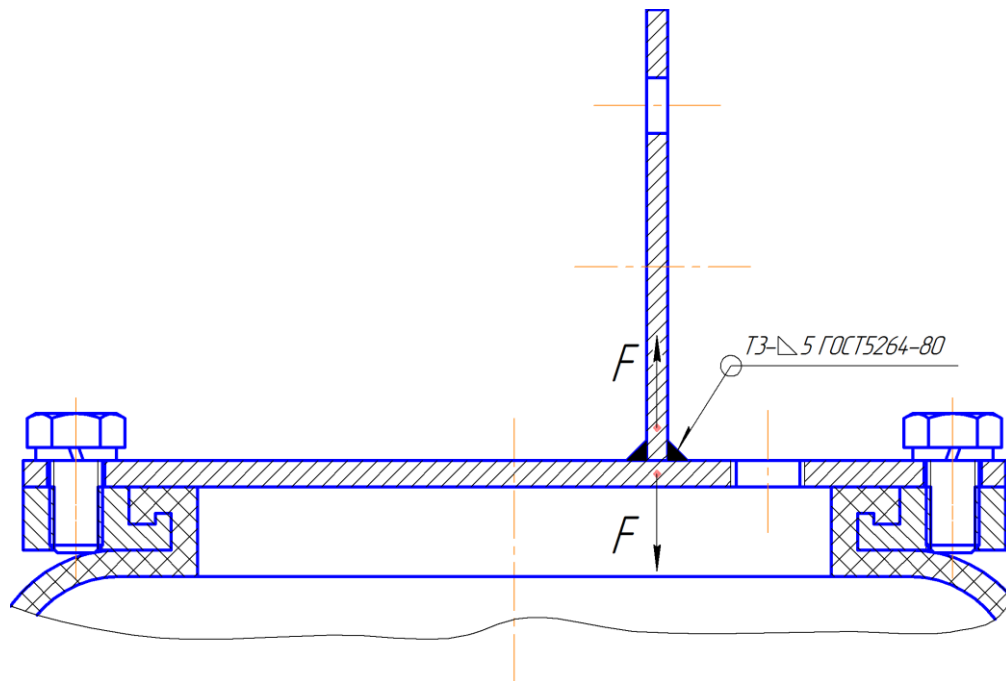


Рисунок 13 – Расчётная схема сварного шва крепления кронштейна к крышке верхней

Условие прочности соединения, показанного на рисунке 12 имеет вид:

$$\tau = \frac{F}{0,70 \cdot k \cdot b \cdot 2} \leq [\tau^1], \quad (36)$$

где  $F$  - сила нагружения,  $F = 52430,0$  Н;

$k$  - катет шва,  $k = 5,0$  мм =  $0,005$  м;

$b$  – длина шва,  $b = 0,192$  м.

Тогда:

$$\tau = \frac{52430,0}{0,70 \cdot 0,005 \cdot 0,192 \cdot 2} \cdot 10^6 = 39,01 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

В ходе анализа и расчета пневматической подвески грузового автомобиля были сделаны следующие выводы:

Пневматическая подвеска предоставляет ряд преимуществ по сравнению с другими типами подвесок для грузовых автомобилей. Она обеспечивает более плавный ход, амортизацию ударов и вибраций, регулируемую высоту подвески в зависимости от нагрузки, а также улучшенную устойчивость и комфорт вождения. Пневматическая подвеска состоит из воздушных пружин (упругих элементов), компрессора, распределительного клапана, амортизаторов, датчиков и электронной системы управления. Воздушные пружины поддерживают вес автомобиля и позволяют регулировать высоту подвески, а компрессор обеспечивает постоянное давление воздуха. Распределительный клапан контролирует распределение давления воздуха между пружинами. Амортизаторы амортизируют удары и вибрации, а датчики и электронная система управления контролируют параметры и регулируют работу подвески.

Расчет пневматической подвески включает оценку нагрузки на каждую ось, выбор подходящих воздушных пружин с необходимой грузоподъемностью и коэффициентом жесткости, установку давления воздуха, определение оптимальной высоты подвески и настройку амортизаторов. Расчет также включает анализ аэродинамических характеристик, управляемости и устойчивости автомобиля.

Пневматическая подвеска грузового автомобиля обладает большой гибкостью и приспособляемостью к различным условиям эксплуатации. Она может быть эффективным решением для поддержки различных типов грузов и обеспечения комфортных условий вождения.

В целом, пневматическая подвеска грузового автомобиля представляет собой эффективную и гибкую систему, которая обеспечивает плавность хода, управляемость и комфорт вождения. Правильный анализ и расчет позволяют оптимизировать ее характеристики и достичь оптимальной работы подвески для конкретных требований и условий эксплуатации.

#### 4 Технологический раздел дипломного проекта

Характеристика подвески влияет на множество эксплуатационных качеств автомобиля: плавность хода, комфортабельность, устойчивость движения, долговечность, как самой машины, так и целого ряда ее узлов и деталей. В тяжелых дорожных условиях именно возможности подвески, а вовсе не мощность двигателя, определяют средние и максимальные скорости движения.

Опыт эксплуатации автомобилей категории N3 показывает, что на неровных дорогах средняя скорость движения падает на 35...40%, расход топлива увеличивается на 50...70%, межремонтный пробег уменьшается на 35...40%. При этом производительность автотранспорта снижается на 32...36%, а стоимость перевозок возрастает на 50...60%. К этому следует добавить потери, обусловленные перерасходом металла, топлива, резины и добавочными затратами рабочей силы. Для уменьшения этих потерь можно или улучшать дороги, что дорого, или совершенствовать подвески автомобиля, что еще дороже, но в пересчете на тысячи автомобилей оказывается дешевле.

Подвеска проектируемого автомобиля категории N3 состоит из трех основных узлов:

- упругие элементы, воспринимающие динамические нагрузки между кузовом или рамой автомобиля и дорожным полотном;
- элементы, гасящие колебания подвески;
- узел, отвечающий за стабилизацию автомобиля относительно плоскости дороги.

На данный момент на автомобилях категории N3 используются разнообразные конструкции подвески автомобиля и инженерные решения упругих элементов. В первую очередь, это сами покрышки автомобиля, которые эффективно поглощают мелкие неровности дорожного полотна. Чем больше колесо и меньше давление в нем, тем большее препятствие

автомобиль преодолевает без большого воздействия нагрузки на раму. Большегрузные карьерные самосвалы с их огромными колесами вообще обходятся без дополнительных элементов подвески, так как их покрышки эффективно гасят дорожные неровности. Тихоходные колесные тракторы и спецтехника в виде упругого элемента довольствуются только воздухом в покрышках.

Пневмоподвеска широкое распространение в Европе и США получила лет 30...40 назад. Главное ее преимущество по сравнению с рессорной в меньшем весе, ее расходные материалы дешевле, и грузовик имеет лучшую плавность хода. Заводская цена грузовика с пневмоподвеской выше, чем машины с рессорной, но замена подушки в процессе эксплуатации дешевле, чем целой рессоры. Кроме того, грузовики с пневмоподвеской меньше разбивают асфальт дорог, поэтому магистральные тягачи чаще всего комплектуются пневмобаллонами. Минус такой подвески в том, что она требует дополнительных воздушных кранов и трубок и более мощного воздушного компрессора. Эта система боится влаги и дорожной грязи, поэтому на строительной технике чаще применяют рессорную подвеску. Правда, есть голландские производители тяжелой строительной техники Terberg и Ginaf, которые активно применяют пневмоподвеску собственной конструкции на самосвалах.

Расходными материалами пневмоподвески являются в первую очередь сам пневмобаллон, а также амортизаторы, сайлентблоки полурессоры и она сама. Стоит напомнить, что амортизаторы меняются всегда парой – и слева, и справа. Если пренебречь этим правилом и сэкономить, с одной стороны поставив новый, а с другой оставив старый амортизатор, то правое и левое колесо одной оси будут по-разному обрабатывать неровности покрытия, что дестабилизирует автомобиль и негативно сказывается на безопасности движения.

В конструкции пневмоподвески предусмотрен страховочный трос – в случае разрыва пневмоподушки, он удержит ось от чрезмерного смещения.

При ежедневном техническом обслуживании (ЕТО) выполняются следующие операции:

- осмотреть автомобиль, выявить наружные повреждения и проверить его комплектность;
- проверить внешним осмотром состояние пневмоэлементов подвески (герметичность по падению давления);
- проверить работу агрегатов пневмоподвески;
- проверить компрессор: визуально внешнее состояние, работу на слух и создаваемое давление по штатному манометру;
- вымыть и высушить элементы подвески;
- при постановке автомобиля на стоянку слить конденсат из водоотделителя, воздушных баллонов пневмоподвески.

При первом техническом обслуживании выполняются следующие операции (включая все описанные выше операции ЕТО):

- проверить герметичность соединений заднего моста;
- проверить компрессор: визуально внешнее состояние, работу на слух и создаваемое давление по штатному манометру;
- проверить состояние и герметичность трубопроводов и приборов пневмоподвески;
- проверить осмотром состояние рамы, узлов и деталей подвески, буксирного и опорно-сцепного устройств. Проверить состояние и действие механизма подъема опорных катков (полуприцепа);
- проверить крепления мостов, крепление колес;
- проверить состояние шин и давление воздуха в них: удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторе и между спаренными колесами;
- смазать все узлы трения в подвеске;
- проверить после обслуживания работу агрегатов, узлов и приборов подвески на ходу или посту диагностирования;



- проверить исправность пневматической подвески и работу регуляторов положения кузова.

При втором техническом обслуживании выполняются следующие операции (все операции ТО-1):

- закрепить фланцы полуосей;
- проверить работу компрессора и создаваемое им давление;
- проверить состояние и герметичность соединений трубопроводов пневмосистемы подвески;
- проверить крепление компрессора, тормозного крана и деталей его привода;
- проверить крепление воздушных баллонов;
- проверить крепление хомутов, стремянок и амортизаторов, реактивных штанг. При необходимости заменить втулки на амортизаторах;
- отрегулировать подшипники ступиц колес;
- смазать узлы трения задней подвески автомобиля в соответствии с химмотологической картой;
- промыть фильтрующий элемент воздушного фильтра компрессора; заменить в нём масло;
- промыть фильтрующие элементы влагоотделителя;
- слить конденсат из баллонов пневматического привода подвески;
- проверить после обслуживания работу агрегатов, узлов и приборов автомобиля на ходу или на диагностическом стенде;
- проверить крепление узлов и деталей пневматической подвески и стабилизатора поперечной устойчивости.

В ходе разработки технологического процесса обслуживания пневматической подвески грузового автомобиля были сделаны следующие выводы.

Технологический процесс обслуживания пневматической подвески грузового автомобиля является важной составляющей для обеспечения ее

надлежащей работы и долговечности. Регулярное обслуживание и проверка состояния подвески помогают предотвратить возможные поломки и сбои, а также обеспечить безопасность и комфорт вождения.

Технологический процесс обслуживания пневматической подвески включает в себя ряд основных операций. Сначала необходимо провести визуальный осмотр подвески для выявления повреждений, износа или утечек. Затем производится проверка и настройка давления воздуха в пневматических пружинах, а также проверка состояния амортизаторов и других компонентов подвески.

Обслуживание пневматической подвески также может включать смазку и замену уплотнительных элементов, регулировку параметров подвески, а также проверку и замену неисправных или изношенных компонентов. Правильное обслуживание пневматической подвески требует квалифицированного персонала, специализированного оборудования и инструментов, а также доступа к соответствующей документации, инструкциям и регламентам.

Разработка технологического процесса обслуживания пневматической подвески грузового автомобиля должна учитывать специфические характеристики и особенности конкретной модели и производителя. Технологический процесс должен быть гибким и адаптирован к различным типам подвесок, компонентам и режимам эксплуатации.

В целом, правильное обслуживание пневматической подвески грузового автомобиля является важным условием для обеспечения ее надлежащей работы и увеличения срока службы автомобиля. Разработка технологического процесса обслуживания должна учитывать все аспекты подвески и обеспечивать эффективность, надежность и безопасность процесса обслуживания.

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

### **5.1 Характеристика участка сборки**

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

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

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

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

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

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

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

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке.

Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

## **5.2 Профессиональные риски, характерные для участка**

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

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

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

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

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

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

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;
- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и

материалов;

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

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

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

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

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

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

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

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

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

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

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

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

[12]

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

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:
- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;
- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;
- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;
- опасные и вредные производственные факторы, связанные с

механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

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

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [12]

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

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

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

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;

- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.



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

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

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

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

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

### **5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих**

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного

контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

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

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

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 13

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

### Продолжение таблицы 13

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

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

#### **5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке**

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

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

В таблице 14 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 14 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.» [12]</p>

Продолжение таблицы 14

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

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

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

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

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

### **5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка**

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

- обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;
- смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;
- пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;
- обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

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



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

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

## **6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта**

### **6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности**

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

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенном необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

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

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

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

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

## **6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка**

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на

оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

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

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 42.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} \cdot Ц_{пл} \cdot На}{100}, \quad (42)$$

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

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

$На$  – норма амортизации площадей помещения,  $На = 2,5\%$ .

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

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 43. Расчет сведен в таблицу 16.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (43)$$

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

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

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

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

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

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

$C_z$  – цена 1 кВт-ч электроэнергии,  $C_z = 4,56$  руб;

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

Таблица 16 – Расчет затрат на электрическую энергию

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

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 44.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_v \cdot K_p \cdot C_z) / \eta, \quad (44)$$

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

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

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

$K_{од}$  – коэффициент одновременной работы светильников,  $K_{од} = 0,85$ ;

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

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

$C_z$  – цена 1 кВт-ч электроэнергии,  $C_z = 4,56$  руб;

$\eta$  – КПД светильников,  $\eta = 0,75$ .

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

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 45.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (45)$$

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

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

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

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 17. Расчет выполняется по формуле 46.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (46)$$

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

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

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

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 47.

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (47)$$

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

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



Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 48.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (48)$$

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

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

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

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (49)$$

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

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет стоимости материалов

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

Продолжение таблицы 18

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

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

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (50)$$

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

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на участке сборки

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

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 51.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (51)$$

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

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

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

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

## **Заключение**

В первом разделе дипломного проекта был проведен анализ комплекса факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики транспортного средства. В процессе анализа конструкции подвески на эксплуатационные качества автомобиля были получены следующие выводы.

Конструкция подвески автомобиля оказывает существенное влияние на его управляемость. Правильно спроектированная и настроенная подвеска обеспечивает точное и плавное выполнение команд водителя, улучшает устойчивость автомобиля на дороге и повышает общую безопасность вождения.

Оптимальная управляемость автомобиля достигается при сбалансированном сочетании факторов, таких как тип подвески, распределение веса, аэродинамика и состояние шин. Важно учитывать взаимодействие всех этих факторов при проектировании и настройке подвески.

Конструкция подвески также оказывает влияние на устойчивость автомобиля. Правильное распределение веса, низкий центр тяжести, геометрия подвески и настройка амортизаторов способствуют улучшению устойчивости автомобиля, что позволяет более безопасно и комфортно управлять им на дороге.

Плавность хода автомобиля также зависит от конструкции подвески. Правильно настроенные пружины и амортизаторы, геометрия подвески, тип и размер колес и шин, а также системы управления подвеской влияют на поглощение ударов и вибраций от неровностей дороги, что обеспечивает более плавный ход автомобиля и повышает комфорт вождения.

Важно проводить регулярное техническое обслуживание подвески и проверять ее состояние, чтобы обеспечить оптимальные эксплуатационные характеристики автомобиля. Использование качественных компонентов и

правильная настройка подвески также важны для достижения оптимальных результатов.

В целом, анализ конструкции подвески на эксплуатационные качества автомобиля позволяет понять важность правильного проектирования, настройки и обслуживания подвески для обеспечения оптимальных управляемости, устойчивости и плавности хода автомобиля. Это особенно актуально с точки зрения безопасности и комфорта вождения.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Рассчитанная в разделе мощность 176 кВт соответствует мощности двигателя автомобиля КамАЗ, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в исходных данных также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

В ходе анализа и расчета пневматической подвески грузового автомобиля были сделаны следующие выводы:

Пневматическая подвеска предоставляет ряд преимуществ по сравнению с другими типами подвесок для грузовых автомобилей. Она обеспечивает более плавный ход, амортизацию ударов и вибраций, регулируемую высоту подвески в зависимости от нагрузки, а также улучшенную устойчивость и комфорт вождения. Пневматическая подвеска состоит из воздушных пружин (упругих элементов), компрессора, распределительного клапана, амортизаторов, датчиков и электронной системы управления. Воздушные пружины поддерживают вес автомобиля и позволяют регулировать высоту подвески, а компрессор обеспечивает постоянное давление воздуха. Распределительный клапан контролирует распределение давления воздуха между пружинами. Амортизаторы амортизируют удары и вибрации, а датчики и электронная система управления контролируют параметры и регулируют работу подвески.

Расчет пневматической подвески включает оценку нагрузки на каждую ось, выбор подходящих воздушных пружин с необходимой грузоподъемностью и коэффициентом жесткости, установку давления воздуха, определение оптимальной высоты подвески и настройку амортизаторов. Расчет также включает анализ аэродинамических характеристик, управляемости и устойчивости автомобиля.

Пневматическая подвеска грузового автомобиля обладает большой гибкостью и приспособляемостью к различным условиям эксплуатации. Она может быть эффективным решением для поддержки различных типов грузов и обеспечения комфортных условий вождения.

В целом, пневматическая подвеска грузового автомобиля представляет собой эффективную и гибкую систему, которая обеспечивает плавность хода, управляемость и комфорт вождения. Правильный анализ и расчет позволяют оптимизировать ее характеристики и достичь оптимальной работы подвески для конкретных требований и условий эксплуатации.

В результате анализа технологического процесса обслуживания тормозной системы КамАЗ можно сделать следующие выводы.

Обслуживание тормозной системы КамАЗ является важной частью общего технического обслуживания автомобиля. Регулярное обслуживание и проверка тормозной системы помогают обеспечить ее надлежащую работу и безопасность на дороге.

Технологический процесс обслуживания тормозной системы КамАЗ включает несколько этапов, таких как визуальный осмотр, проверка тормозной жидкости, регулировка и замена тормозных колодок, проверка и регулировка тормозных механизмов.

Визуальный осмотр позволяет выявить видимые повреждения, износ или проблемы с тормозной системой. Это включает проверку состояния тормозных колодок, дисков или барабанов, тормозных шлангов, трубок и соединений.

Регулировка и замена тормозных колодок также являются неотъемлемой частью обслуживания тормозной системы. Необходимо проверить износ колодок и при необходимости заменить их. Также может потребоваться регулировка тормозных механизмов для обеспечения равномерного и эффективного торможения.

При выполнении технологического процесса обслуживания тормозной системы КамАЗ необходимо соблюдать все требования, предписанные производителем и руководством по эксплуатации. Это включает использование правильных инструментов, оборудования и запасных частей, а также соблюдение правил безопасности.

В целом, технологический процесс обслуживания тормозной системы КамАЗ является важным аспектом поддержания работоспособности и безопасности автомобиля. Регулярное обслуживание тормозной системы помогает предотвратить возможные проблемы и повысить надежность тормозов. Важно следовать рекомендациям производителя и правилам безопасности при выполнении обслуживания.

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

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

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования



участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

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

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

## Список используемой литературы и используемых источников

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

Графики тягового расчета

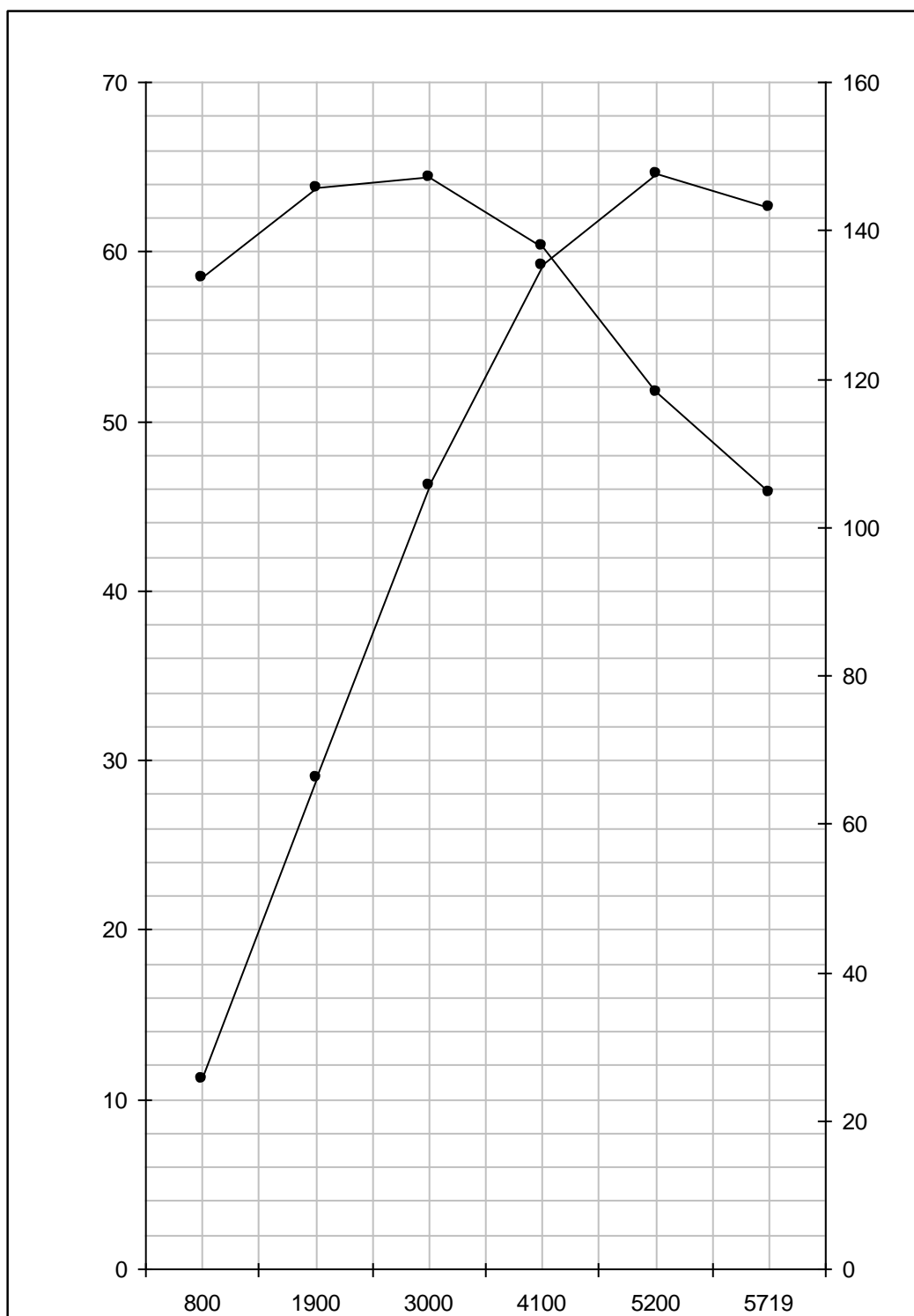


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

## Продолжение Приложения А

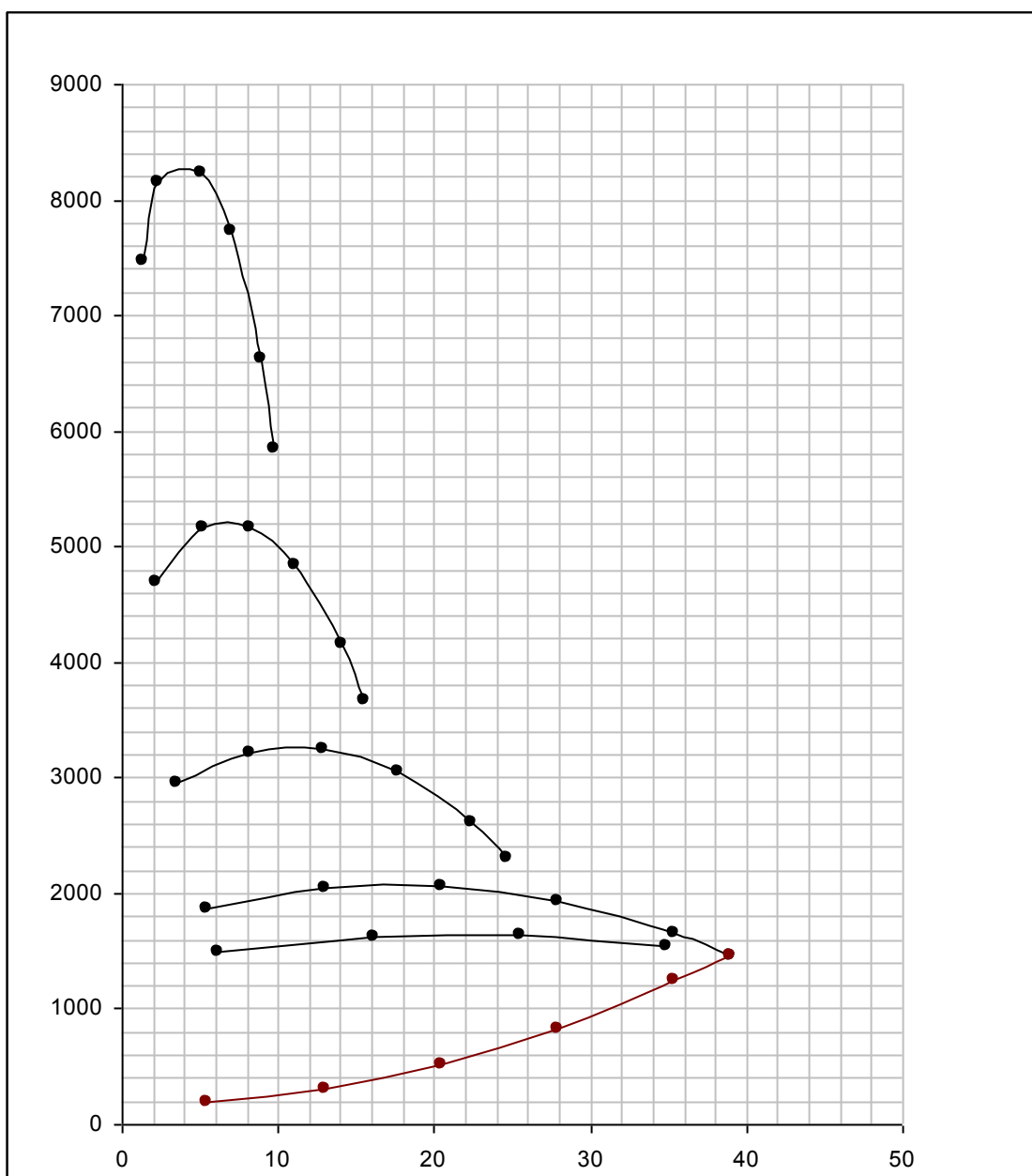


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

## Продолжение Приложения А



Рисунок А3 – Динамическая характеристика

## Продолжение Приложения А

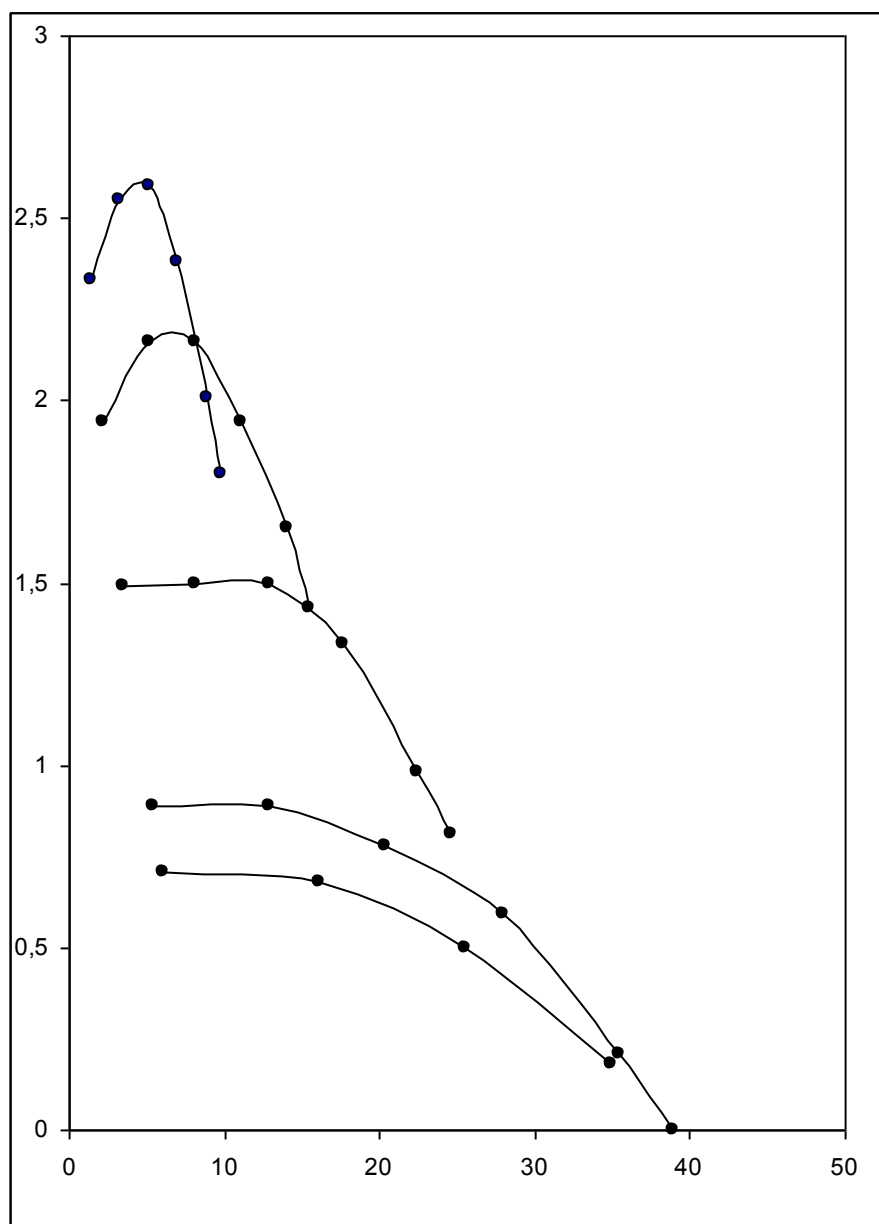


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля



## Продолжение Приложения А

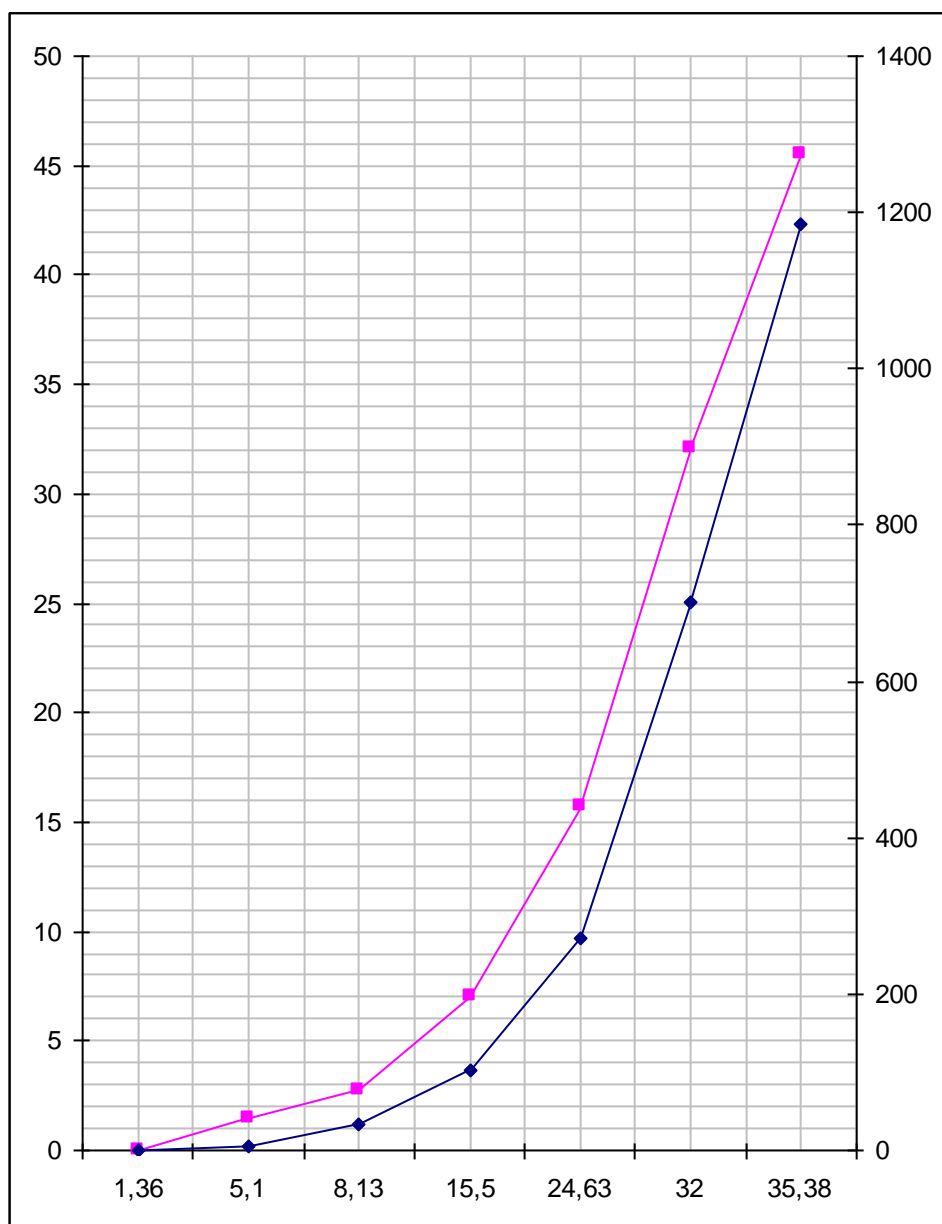


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

## Продолжение Приложения А

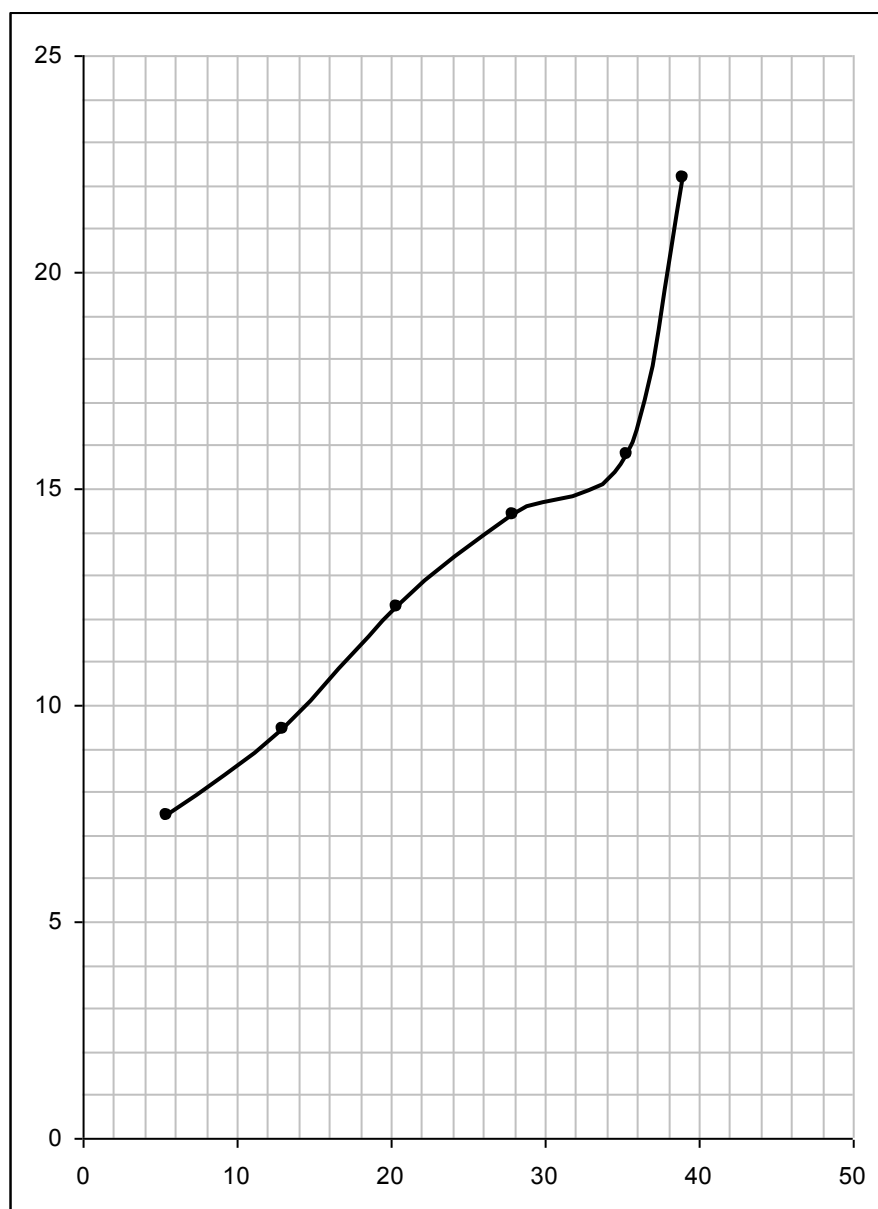


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика