

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 пневматической подвески грузового автомобиля
КАМАЗ

Обучающийся

В.В. Маругин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

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

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

канд. физ.-мат. наук, 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)

Тольятти 2024

Аннотация

В расчетно-пояснительной записке представлен дипломный проект на тему «Разработка пневматической подвески грузового автомобиля КАМАЗ»

Актуальность темы дипломного проекта обоснована прежде всего тем, что пневматическая подвеска способствует улучшению проходимости грузовых автомобилей, что особенно важно для автомобилей, работающих в условиях сложного рельефа или на плохих дорогах. Разработка пневматической подвески позволит значительно повысить комфорт вождения грузовых автомобилей, уменьшая вибрации и смягчая удары при движении по неровностям дорог. Также, пневматическая подвеска способствует снижению износа шин и других деталей подвески, что в свою очередь может уменьшить расходы на техническое обслуживание и повысить срок службы автомобиля. Опытом эксплуатации различных типов транспортных средств доказано, что пневматической подвески способствует улучшению управляемости грузового автомобиля, особенно на поворотах и при торможении, что важно для обеспечения безопасности на дорогах.

Разработка новых систем подвески для грузовых автомобилей, таких как пневматическая, отражает использование передовых технологий и направлений в автомобилестроении, что актуально для современной индустрии. В целом, разработка пневматической подвески для грузового автомобиля КамАЗ актуальна в контексте повышения производительности, комфорта и безопасности транспортных средств, что делает данную тему дипломного проекта важной и перспективной для современной автомобильной отрасли.

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

Цель дипломного проекта по теме «Разработка пневматической подвески грузового автомобиля КАМАЗ» заключается в разработке и внедрении подушек безопасности для грузового автомобиля позволит повысить безопасность, надежность и функциональность данного автомобиля, что сделает его более конкурентоспособным и современным на рынке.

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

- анализ конструкции подвесок, в том числе, применяемых на грузовых автомобилях;
- формирование предложений по разработке конструкции подвески на пневматических элементах для автомобиля КамАЗ;
- проведение необходимых конструкторских расчетов;
- разработка необходимых технологических операций сборки разработанной подвески автомобиля;
- разработка требований по безопасности организации и проведению сборочных работ;
- расчет экономического эффекта от внедрения конструкции в производство;
- формирование заключения по результатам проделанной работы.

Разработка пневматической подвески для автомобилей КАМАЗ позволит в первую очередь повысить безопасность транспортного средства. Предложенные конструкторские и технологические решения носят не только теоретические предложения, но могут быть реализованы на практике, что повысит потребительскую привлекательность автомобиля.

Annotation

The calculation and explanatory note presents a graduation project on the topic “Development of air suspension for a KAMAZ truck”

The relevance of the topic of the thesis project is justified primarily by the fact that air suspension helps improve the cross-country ability of trucks, which is especially important for vehicles operating in difficult terrain or on bad roads. The development of air suspension will significantly improve the driving comfort of trucks, reducing vibrations and softening shocks when driving on uneven roads. Air suspension also helps reduce wear on tires and other suspension parts, which in turn can reduce maintenance costs and increase vehicle life. Experience in operating various types of vehicles has proven that air suspension improves the handling of a truck, especially when cornering and when braking, which is important for ensuring road safety.

The development of new suspension systems for trucks, such as pneumatic, reflects the use of advanced technologies and trends in the automotive industry, which is relevant for the modern industry. In general, the development of an air suspension for the KamAZ truck is relevant in the context of increasing the productivity, comfort and safety of vehicles, which makes this topic of the thesis project important and promising for the modern automotive industry.

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

The goal of the diploma project on the topic “Development of air suspension for a KAMAZ truck” is to develop and implement airbags for a truck that will improve the safety, reliability and functionality of this vehicle, which will make it more competitive and modern in the market.

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

- analysis of the design of suspensions, including those used on trucks;
- formation of proposals for the development of a suspension design on pneumatic elements for the KamAZ vehicle;
- carrying out the necessary design calculations;
- development of the necessary technological operations for assembling the developed car suspension;
- development of requirements for the safety of the organization and assembly work;
- calculation of the economic effect from introducing the design into production;
- drawing up a conclusion based on the results of the work done.

The development of air suspension for KAMAZ vehicles will primarily improve the safety of the vehicle. The proposed design and technological solutions are not only theoretical proposals, but can be implemented in practice, which will increase the consumer attractiveness of the car.

Содержание

Введение	8
1 Теоретические основы объекта разработки дипломного проекта	12
1.1 Управляемость транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр	12
1.2 Устойчивость транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр	14
1.3 Плавность движения транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр	18
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	23
2.1 Исходные данные для расчета	23
2.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя	24
2.3 Расчет силового баланса	25
2.4 Расчет динамического фактора	27
2.5 Расчет мощностного баланса	28
2.6 Расчет ускорений транспортного средства	30
3 Разработка пневматической подвески грузового автомобиля КАМАЗ	37
3.1 Виды и типы подвесок, применяемых в грузовых транспортных средствах	37
3.2 Конструкторские расчеты элементов разрабатываемой 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 Безопасность и экологичность участка механической сборки	57
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта	57
5.2 Идентификация профессиональных рисков	60

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	61
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	63
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	67
6 Экономический раздел дипломного проекта	69
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	69
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	70
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	77
Заключение	81
Список используемой литературы и используемых источников	87
Приложение А Графики тягового расчета	90

Введение

В современной автомобильной индустрии постоянно идет работа над усовершенствованием технических характеристик и функциональных возможностей грузовых автомобилей с целью повышения их эффективности, комфортности и безопасности эксплуатации. Одним из ключевых направлений развития является создание и внедрение инновационных систем подвески, способных обеспечить оптимальные условия движения и управления транспортным средством на различных типах дорог.

Дипломный проект посвящен разработке пневматической подвески для грузового автомобиля КамАЗ, представляющей собой современное техническое решение, направленное на улучшение проходимости, комфортности и безопасности работы данного типа автотранспорта. Пневматическая подвеска активно применяется в легковых автомобилях и грузовиках высокой грузоподъемности благодаря своим уникальным характеристикам и преимуществам перед традиционными механическими системами подвески.

Целью данного проекта является создание эффективной и надежной пневматической подвески, способной обеспечить оптимальные рабочие характеристики грузового автомобиля КамАЗ и повысить уровень его технического совершенства. В ходе работы над проектом будут рассмотрены основные принципы функционирования пневматической подвески, особенности ее конструкции, а также методы расчета и моделирования для обеспечения оптимальных параметров работы системы.

Транспортные средства категории N3 относятся к грузовым автомобилям большой грузоподъемности. Грузовики категории N3 способны перевозить груз значительного веса. Обычно их собственная масса превышает 12 тонн, а общая масса (включая груз) может достигать 20 тонн. Также грузовики этой категории имеют значительные габариты, что позволяет им перевозить большие объемы груза.

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

Пневматическая подвеска на грузовом автомобиле большой грузоподъемности представляет собой систему, которая использует воздушные подушки для амортизации ударов и колебаний, обеспечивая более комфортную поездку и улучшенную устойчивость автомобиля.

Пневматическая подвеска способна эффективно амортизировать удары и колебания, вызванные неровностями дороги или неравномерным распределением груза. Это обеспечивает плавную поездку и защищает груз от повреждений. Одним из преимуществ пневматической подвески является возможность регулировать уровень подвески в зависимости от нагрузки. Это позволяет поддерживать оптимальный клиренс и уровень устойчивости даже при перевозке различных типов грузов. Пневматическая подвеска значительно повышает комфорт для водителя и пассажиров грузового автомобиля, уменьшая вибрации и колебания в салоне. Также пневматическая подвеска способствует лучшей управляемости грузовика, особенно на дорогах с неровным покрытием или в условиях переменчивости нагрузки. Эта система также помогает предотвращать повреждения автомобиля и груза за счет снижения воздействия вибраций и ударов на кузов. В целом, использование пневматической подвески на грузовых автомобилях большой грузоподъемности способствует повышению безопасности, комфорта и

эффективности перевозок, делая их более надежными и удобными в эксплуатации.

Пневматические подвески грузовых автомобилей имеют как преимущества, так и недостатки. К преимуществам пневматической подвески стоит отнести следующие их характеристики:

- пневматическая подвеска обеспечивает более плавную поездку, уменьшая вибрации и удары, что делает передвижение более комфортным для водителя и пассажиров;

- пневматическая подвеска дает возможность регулировать уровень подвески в зависимости от нагрузки позволяет поддерживать оптимальный клиренс и уровень устойчивости, что особенно важно при перевозке различных грузов;

- пневматическая подвеска улучшает устойчивость и управляемость грузовика, особенно на дорожных неровностях;

- благодаря амортизации ударов и вибраций пневматическая подвеска помогает предотвратить повреждения груза во время транспортировки.

Но наряду с очевидными преимуществами, такой тип подвески имеет ряд недостатков, к которым относятся следующие:

- установка и обслуживание пневматической подвески может быть достаточно ресурсоемким процессом, особенно при необходимости замены деталей;

- в случае поломки пневматической подвески требуется специализированный ремонт, который может быть сложным и затратным;

- пневматические подвески подвержены риску проколов и утечек воздуха, что может привести к потере функциональности и необходимости ремонта;

- пневматическая подвеска требует регулярного технического обслуживания и контроля давления воздуха для поддержания оптимальной работы.

В целом, пневматическая подвеска грузовых автомобилей имеет ряд значительных преимуществ, но также необходимо учитывать некоторые потенциальные недостатки при принятии решения об её использовании.

Разработка пневматической подвески для грузового автомобиля КамАЗ представляет собой актуальное и перспективное направление в области автомобилестроения, открывающее новые возможности для повышения эффективности транспортных средств и совершенствования их технических характеристик в соответствии с современными тенденциями развития отрасли.

Также, разработка пневматической подвески для автомобилей КАМАЗ позволит в первую очередь повысить безопасность транспортного средства. Предложенные конструкторские и технологические решения носят не только теоретические предложения, но могут быть реализованы на практике, что повысит потребительскую привлекательность автомобиля.

1 Теоретические основы объекта разработки дипломного проекта

1.1 Управляемость транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр

Управляемость автомобиля – это способность автомобиля реагировать на команды водителя и поддерживать устойчивость в различных условиях эксплуатации, таких как повороты, изменение скорости и движение по неровной дороге. Хорошая управляемость означает, что автомобиль легко поворачивается, реагирует на управляющие команды без задержек и сохраняет устойчивость при выполнении различных маневров.

Основным параметром, оказывающим влияние на управляемость, является состояние рулевого управления транспортного средства.

«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, их тип, протектор и давление влияют на сцепление с дорогой, что непосредственно влияет на управляемость.

«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]

Высота центра тяжести и распределение веса между передней и задней осью также важны для стабильности автомобиля в поворотах. Современные автомобили оборудованы различными электронными системами, такими как системы антиблокировки тормозов (ABS), контроля устойчивости (ESP), ассистенты управления и т. д., которые помогают улучшить управляемость в сложных условиях.

Хорошая управляемость не только повышает безопасность вождения, но также способствует комфортной и приятной поездке за рулем. Производители автомобилей постоянно работают над улучшением управляемости своих автомобилей, чтобы предложить водителям оптимальный баланс между комфортом и динамикой управления.

Конструкция подвески определяет, насколько хорошо автомобиль удерживает дорожное положение, поглощает неровности дороги и реагирует на управляющие воздействия.

«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 также с более жесткими стабилизаторами поперечной устойчивости.» [2], [18]

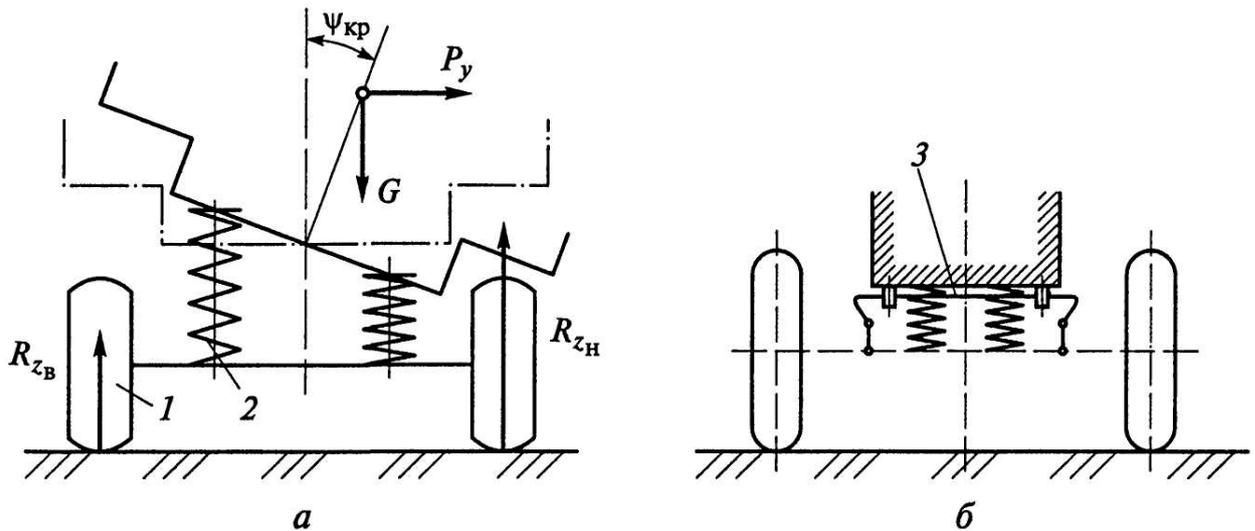
«Управляемость автомобиля зависит от совокупности этих факторов и требует сбалансированного подхода при проектировании и настройке подвески. Оптимальная управляемость достигается при сочетании правильной геометрии подвески, подходящих амортизаторов, жесткости и податливости подвески, а также правильном распределении веса.» [2]

1.2 Устойчивость транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр

Устойчивость автомобиля – это способность автомобиля сохранять равновесие и стабильность при движении на дороге в различных условиях. Хорошая устойчивость важна для безопасного и комфортного вождения.

Низкий центр тяжести способствует устойчивости автомобиля, так как он снижает вероятность опрокидывания при поворотах или резких маневрах. Равномерное распределение веса между передней и задней осью помогает сохранять устойчивость при торможении, ускорении и поворотах. Качество подвески влияет на способность автомобиля поглощать неровности дороги и сохранять контакт с дорожным покрытием.

«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

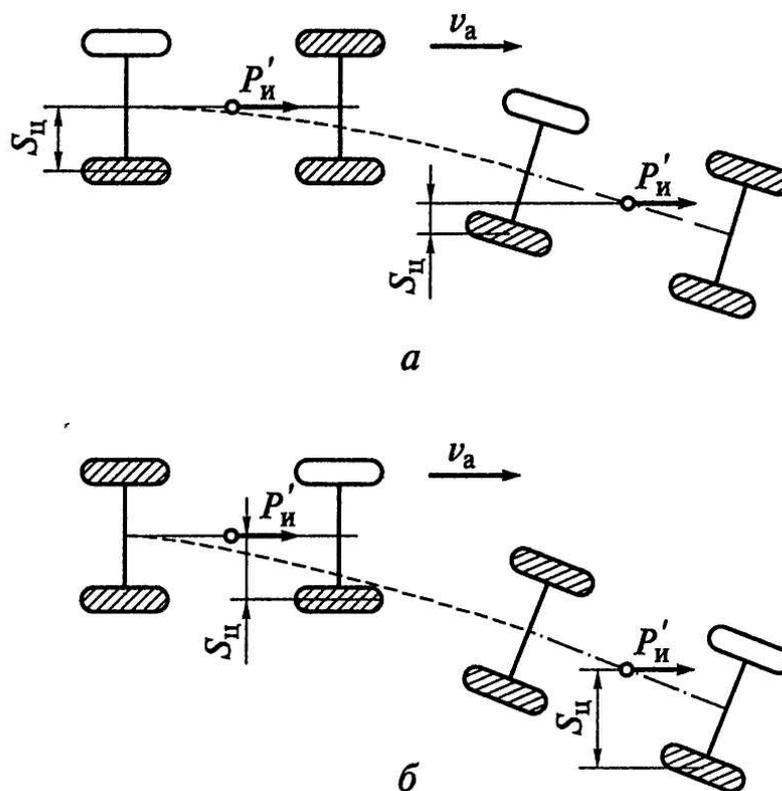
Рисунок 1 – Крен кузова (а) и стабилизатор (б) поперечной устойчивости кузова

Хорошая устойчивость обеспечивает водителю большее чувство контроля над автомобилем, уменьшает риск потери управления и повышает безопасность на дороге. Производители постоянно работают над улучшением конструкции автомобилей, чтобы обеспечить оптимальную устойчивость в различных условиях.

Качество подвески влияет на устойчивость автомобиля, позволяя ему лучше адаптироваться к неровностям дороги и сохранять контакт с дорогой. Жесткая подвеска может повысить устойчивость при быстрой езде, но может снизить комфорт при движении по неровной поверхности.

Современные автомобили оснащены различными электронными системами, такими как системы антиблокировки тормозов (ABS), системы стабилизации (ESP) и другими, которые помогают поддерживать устойчивость автомобиля в сложных условиях, контролируя торможение, ускорение и управление.

Понимание этих параметров и их влияния на устойчивость автомобиля помогает как производителям автомобилей, так и водителям принимать меры для обеспечения безопасного и комфортного вождения



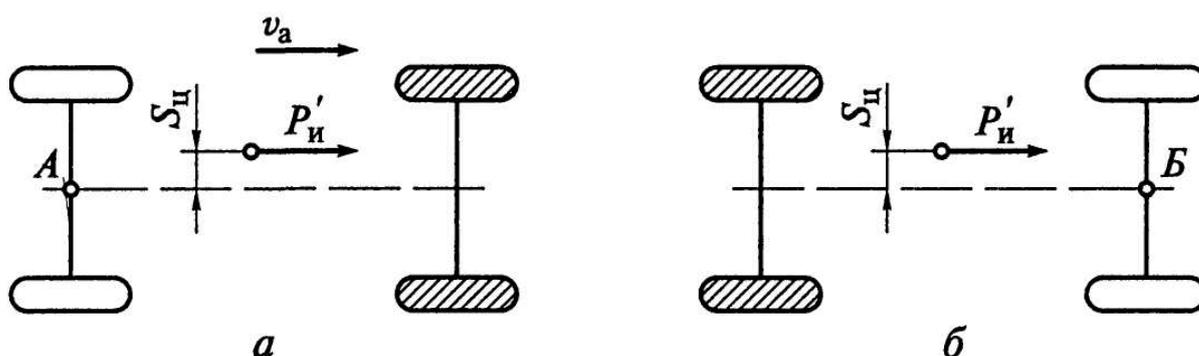
а – заторможено заднее правое колесо; б – заторможено переднее правое колесо

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 $S_{ц}$ 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 $S_{Ц}$ 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.» [1]



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 $P_{И1}$ (рисунок 3, а), возникающая при торможении, создает поворачивающий момент, характеризуемый плечом $S_{Ц}$. Если при этом блокированы передние колеса автомобиля, то их сцепление с дорогой меньше,

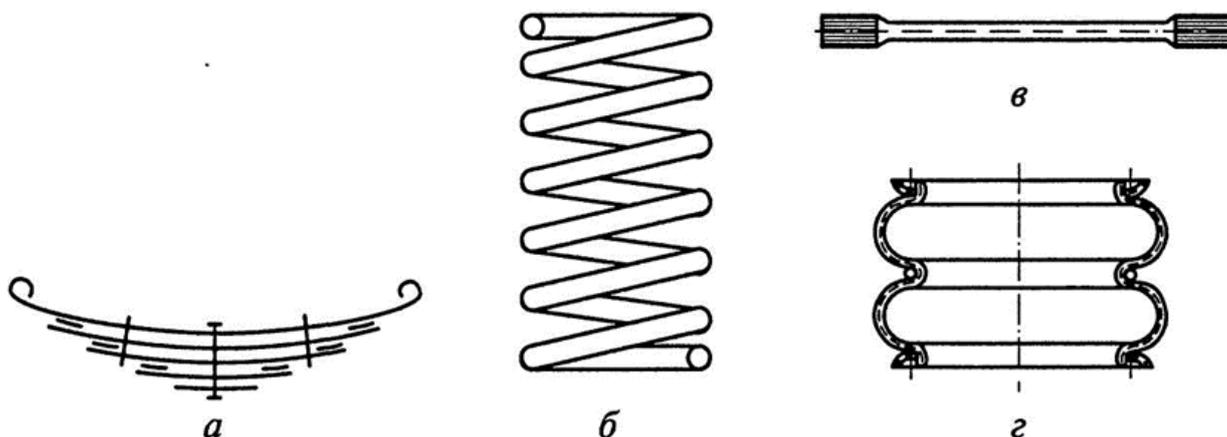
чем у задних колес. В результате под действием момента $PI\dot{\gamma}$ автомобиль поворачивается относительно точки А оси задних колес. Расстояние $SЦ$ в этом случае быстро уменьшается до нуля и поворот автомобиля прекращается. При блокировке задних колес (рисунок 3, б) автомобиль поворачивается относительно точки Б оси передних колес. При этом расстояние $SЦ$ увеличивается, что может привести к заносу автомобиля.

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.» [3]

1.3 Плавность движения транспортного средства и факторы, оказывающие влияние на этот параметр

«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]

Качество подвески играет решающую роль в плавности хода. Хорошая подвеска способна поглощать удары и вибрации от неровностей дороги, обеспечивая более комфортное путешествие для пассажиров. Состояние шин и дисков также влияет на плавность хода. Использование сбалансированных шин с хорошим протектором помогает уменьшить вибрации и шум на дороге, что способствует более комфортному движению.



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

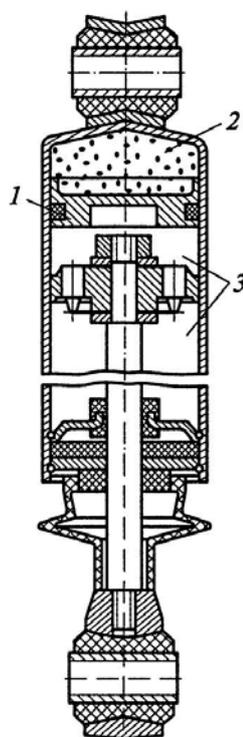
Рисунок 4 – Упругие элементы подвески

«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]

Наличие систем стабилизации, таких как ESP (Electronic Stability Program), помогает предотвратить скольжение и потерю контроля при поворотах, что повышает уровень комфорта для пассажиров.

«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]

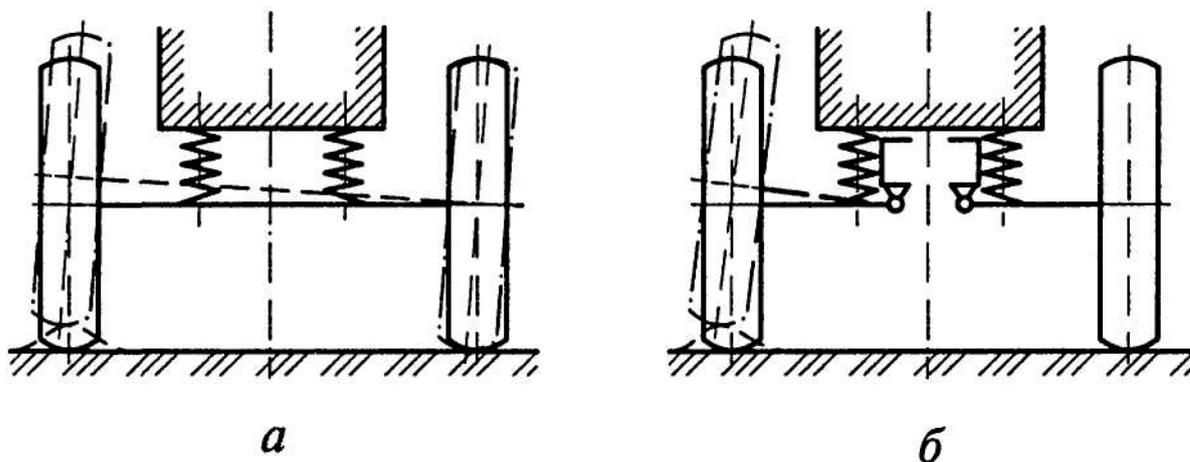


Рисунок 6 – Схемы зависимой (а) и независимой (б) подвесок колес автомобиля

Плавное переключение передач также способствует плавности хода автомобиля. Автомобили с автоматической коробкой передач обычно обеспечивают более комфортное и мягкое ускорение.

Эффективный двигатель с хорошим крутящим моментом может обеспечить плавное и плавное ускорение, что также влияет на комфортность движения.

Учитывая эти параметры и факторы, производители постоянно работают над улучшением уровня комфорта и плавности хода автомобилей, чтобы обеспечить комфорт при движении как водителю, так и пассажирам транспортного средства.

Исходя из проведенного анализа параметров, влияющих на устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля, можно сделать следующие выводы.

Качество подвески и амортизаторов имеет решающее значение для обеспечения устойчивости и плавности хода автомобиля. Они поглощают удары от неровностей дороги, обеспечивая комфортное движение. Состояние шин и дисков непосредственно влияет на управляемость и устойчивость автомобиля. Правильно подобранные шины с хорошим протектором обеспечивают надежное сцепление с дорогой.

Наличие современных систем стабилизации, таких как ESP и ABS, повышает безопасность и управляемость автомобиля, особенно в экстремальных ситуациях.

Плавное переключение передач и эффективная работа двигателя способствуют плавности и комфорту движения. Это также влияет на уровень управляемости автомобиля. Важно подчеркнуть, что оптимальная комбинация всех вышеперечисленных параметров является ключом к достижению идеального баланса между устойчивостью, управляемостью и плавностью хода автомобиля.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что для обеспечения оптимального уровня устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля необходимо уделить внимание всем аспектам конструкции, техническому обслуживанию и правильному выбору компонентов. Только при совокупном учете всех факторов можно достичь высокого уровня комфорта и безопасности как для водителей, так и пассажиров.

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. Внешний вид транспортного средства представлен на рисунке 7.» [2]

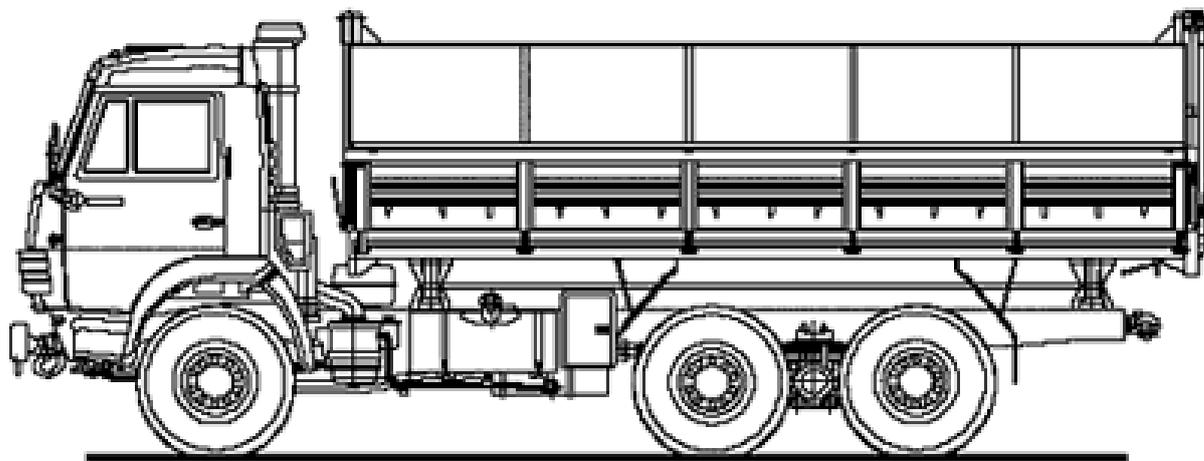


Рисунок 7 – Автомобиль КамАЗ-62255

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 ²
Гравитационная постоянная, g	9,81	м/с ²
Передаточное число главной передачи, $U_{гп}$	6,53	-
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,82	-
Параметр	Значение	Размерность
Коэффициент сопротивления, K	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 (таблица 2):» [5]

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

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

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]

$$P_T = P_d + P_v + P_i \quad (3)$$

Произведем расчет тягового усилия на ведущих колесах:

$$P_T = \frac{T_e \cdot U_K \cdot U_{ГП} \cdot U_d}{r_K} \cdot \eta_{ТР} \quad (4)$$

Рассчитаем силу сопротивления дорожного полотна:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (5)$$

где ψ – 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:

$$P_B = \frac{K \cdot F \cdot V_a^2}{13} \quad (7)$$

Скорость автомобиля на каждой передаче определяют по формуле:

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

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

n_e , об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
V_1	2,25	3,75	5,25	6,75	8,25	9,75	10,98
P_{T1}	38789,97	45168,52	49141,32	50708,37	49869,66	46625,21	42137,46
V_2	2,75	4,59	6,43	8,27	10,11	11,95	13,46
P_{T2}	31647,06	36851,04	40092,28	41370,76	40686,5	38039,5	34378,13
V_3	4,36	7,27	10,18	13,09	16,01	18,92	21,32
P_{T3}	19990,23	23277,38	25324,75	26132,32	25700,1	24028,08	21715,34
V_4	5,34	8,91	12,48	16,04	19,61	23,17	26,11
P_{T4}	16319,57	19003,12	20674,54	21333,83	20980,97	19615,98	17727,91
V_5	7,038873	11,73145	16,42404	21,11	25,80	30,50	34,37

Продолжение таблицы 3

не, об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
P _{T5}	12400,89	14440,06	15710,14	16211,11	15942,99	14905,76	13471,05
V ₆	8,62607	14,37	20,12	25,87	31,62	37,37	42,12
P _{T6}	10119,12	11783,09	12819,47	13228,27	13009,48	12163,1	10992,38
V ₇	11,50	19,16	26,83	34,50	42,17	49,83	56,16
P _{T7}	7589,34	8837,31	9614,60	9921,20	9757,10	9122,32	8244,28
V ₈	14,07	23,46	32,84	42,23	51,61	61	68,74
P _{T8}	6200,44	7220,03	7855,07	8105,55	7971,49	7452,87	6735,52
V ₉	17,59	29,32	41,06	52,79	64,52	76,25	85,93
P _{T9}	4960,35	5776,02	6284,05	6484,44	6377,19	5962,30	5388,42
V ₁₀	21,59	35,98	50,38	64,77	79,16	93,56	105,43
P _{T10}	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 _a	15	30	45	60	75	90	105
P _B	67,5	270	607,5	1080	1687,5	2430	3307,5
P _D	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]

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

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

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

$$N_T = N_d + N_B + N_{и} \quad (10)$$

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

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

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

Полученные в результате расчета значения приведен 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;

ψ – коэффициент сопротивления дороги, соответствующий расчётной скорости движения автомобиля;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

δ – коэффициент учёта вращающихся масс, определяемый по уравнению:» [2]

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

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.» [2]

Таблица 8 - Расчёт значений ускорений на каждой из передач

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

Таблица 9 – Расчёт значений времени разгона в зависимости от скорости

Va, км/ч	ΔV , км/ч	J_{cp} , м/с ²	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 Δt , определённым для различных скоростей, строим кривую времени разгона, начиная её от значения V_{\min} , для которого $t = 0$. Для скорости V_2 откладывают значение Δt_1 ; для скорости V_3 – значение времени разгона ($\Delta t_1 + \Delta t_2$).

Время переключения передач ($t_{\text{пр}}$) 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:

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

«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.» [2]

Таблица 10 – Путь разгона автомобиля.

V_a , км/ч	$V_{ср}$, км/ч	Δt , с	ΔS , 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	

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

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

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

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

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

3 Разработка пневматической подвески грузового автомобиля КАМАЗ

3.1 Виды и типы подвесок, применяемых в грузовых транспортных средствах

Пневматическая подвеска – это система подвески автомобиля, которая использует воздух вместо пружин для поддержки и амортизации. Вот основные компоненты пневматической подвески:

- Воздушные баллоны (пневмобаллоны): это резиновые мешки, наполненные воздухом под давлением. Они крепятся к оси или раме автомобиля, обеспечивая поддержку. Изменяя давление воздуха в баллонах, можно регулировать клиренс автомобиля.

- Пневматический компрессор, назначение которого состоит в нагнетании воздуха в систему, чтобы накачать баллоны. Компрессор может быть электрическим или механическим.

- Ресивер, назначение которого состоит в хранении сжатого воздуха и обеспечении постоянного давления воздуха в системе.

- Воздушный регулятор контролирует давление воздуха в баллонах. Устройство регулятора может быть электронным или механическим. Давление регулятором регулируется автоматически или вручную для настройки высоты автомобиля.

- Датчики, используемые в пневматических подвесках, измеряют давление воздуха в баллонах и высоту автомобиля. Датчики отправляют данные регулятору для корректировки давления.

- Амортизаторы, используемые в подвеске, поглощают удары и вибрации. Амортизаторы могут быть обычными гидравлическими или электронными, управляемыми системой.

Когда автомобиль движется по неровной дороге, воздух в баллонах сжимается и разжимается, амортизируя удары. Датчики отслеживают высоту

и давление воздуха в системе. Воздушный регулятор получает эти данные и регулирует давление воздуха в баллонах, чтобы поддерживать желаемую высоту автомобиля. Электронные системы также могут регулировать жесткость подвески, чтобы оптимизировать комфорт и управляемость в зависимости от дорожных условий.

Пневматическая подвеска имеет ряд достоинств, которые были отмечены ранее. В первую очередь это возможность регулировки высоты и жесткости подвески позволяет оптимизировать ее для разных условий движения. Также отмечается мягкая и плавная езда за счет воздушной амортизации. Подвеска автоматически поднимается, чтобы избежать повреждений при въезде на неровности.

Недостатки пневматической подвески также общеизвестны и характерны для подвесок данного типа.

Главным недостатком отмечается высокая стоимость подвески данного типа. Пневматическая подвеска дороже обычной пружинной подвески. В случае неисправности, ремонт может быть дорогим и сложным. Также воздушные баллоны могут со временем изнашиваться и пропускать воздух.

«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 8).» [11]

Пневматические подвески бывают разных видов, которые отличаются по своей конструкции, функциональности и области применения. Вот некоторые из самых распространенных типов:

- Пассивная пневматическая подвеска, регулирует высоту автомобиля, но не жесткость подвески. Это простейший тип пневматической подвески, в котором баллоны накачиваются воздухом, поддерживая определенную высоту. Данный тип подвески часто используется на грузовых

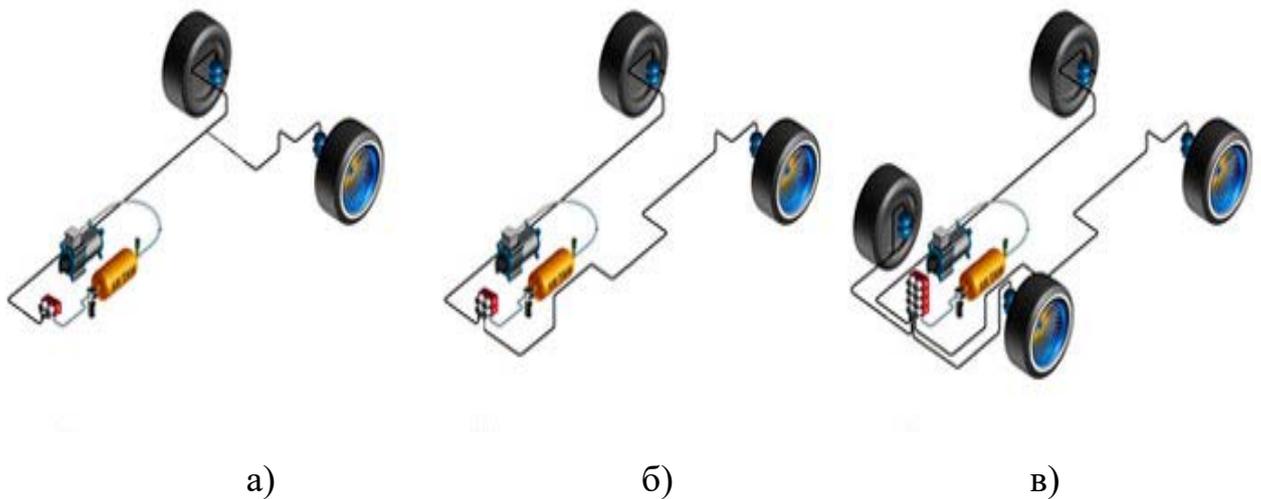
автомобилях, прицепах и автобусах.

- Активная пневматическая подвеска имеет электронные датчики и регуляторы, которые постоянно отслеживают состояние подвески. Регулирует как высоту, так и жесткость подвески. Система автоматически подстраивает давление воздуха в баллонах в зависимости от условий движения, груза, и других факторов. Используется на дорогих автомобилях, обеспечивая более комфортную и стабильную езду.

- Электронная пневматическая подвеска, это более сложная система, которая включает электронный блок управления. Осуществляет тонкую настройку параметров подвески, включая высоту, жесткость, а также может контролировать амортизаторы. Электронный блок получает информацию от различных датчиков и регулирует систему с помощью электроприводов. Используется на премиальных автомобилях, которые предлагают широкие возможности настройки и адаптации к различным условиям движения.

- Комбинированная пневматическая подвеска представляет собой комбинацию пассивной и активной пневматической подвески. Обеспечивает баланс между экономичностью и функциональностью. Система может работать в пассивном режиме при нормальных условиях и переходить в активный режим при необходимости. Используется на различных типах автомобилей, позволяя оптимизировать комфорт и управляемость.

- Независимая пневматическая подвеска, в которой каждое колесо имеет отдельный пневмобаллон и систему управления. Обеспечивает независимую регулировку каждого колеса. Система позволяет оптимизировать высоту и жесткость каждого колеса, повышая устойчивость автомобиля и комфорт езды. Используется на спортивных автомобилях и внедорожниках, где важно иметь тонкую настройку подвески для максимальной производительности.



а) одноконтурная пневмоподвеска; б) двухконтурная пневмоподвеска; в) четырёхконтурная пневмоподвеска

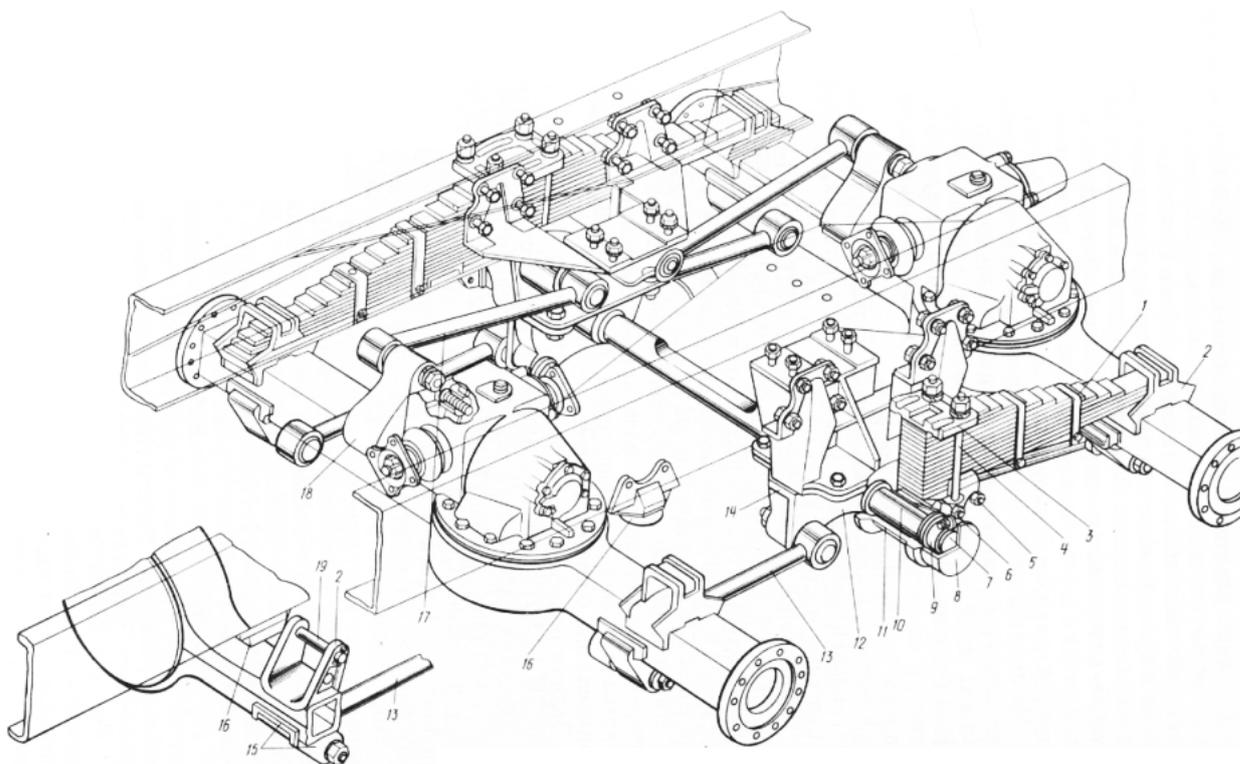
Рисунок 8 – Разновидности пневматических подвесок

«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.

Четырёхконтурная 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]

Поскольку разрабатываемая подвеска предназначена для грузового автомобиля КамАЗ, то также нами будет рассмотрена конструкция задней подвески, поскольку именно ее конструкцию в дальнейшем предполагается адаптировать под установку пневматических элементов.



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 9 – Задняя балансирующая подвеска грузового автомобиля ЗИЛ-

131

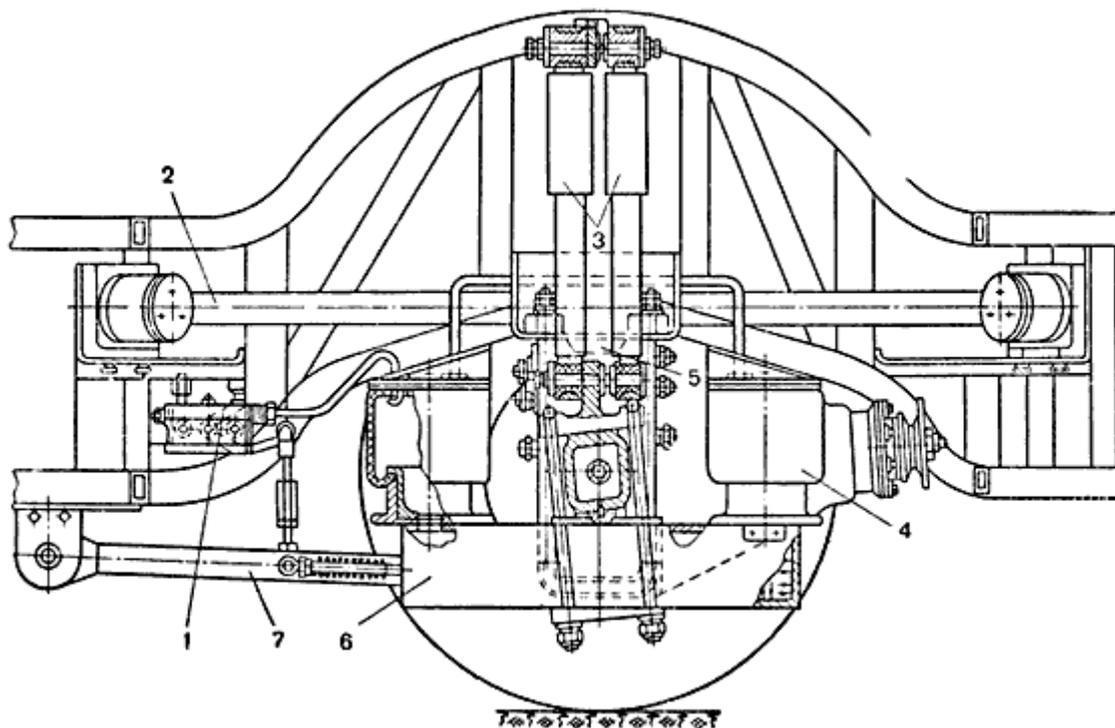
«На рисунке 9 показана балансирующая подвеска грузового автомобиля. Она выполнена на двух продольных полуэллиптических листовых рессорах с шестью продольными реактивными штангами. Рессора 1 средней частью прикреплена к ступице 9 посредством накладки 3 и стремянок 4. Концы рессоры свободно установлены 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].

«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 10 показана задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А. Подвеска выполнена на четырех пневматических баллонах с реактивными штангами, четыремя 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 10 – Задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А

«Подвеска грузового автомобиля 6x2 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 6x2 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.» [10]

«Задние оси грузового автомобиля 6x2 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 6x2. 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.» [22]

На рисунке 11 представлена пневматическая подвеска грузового автомобиля Scania.

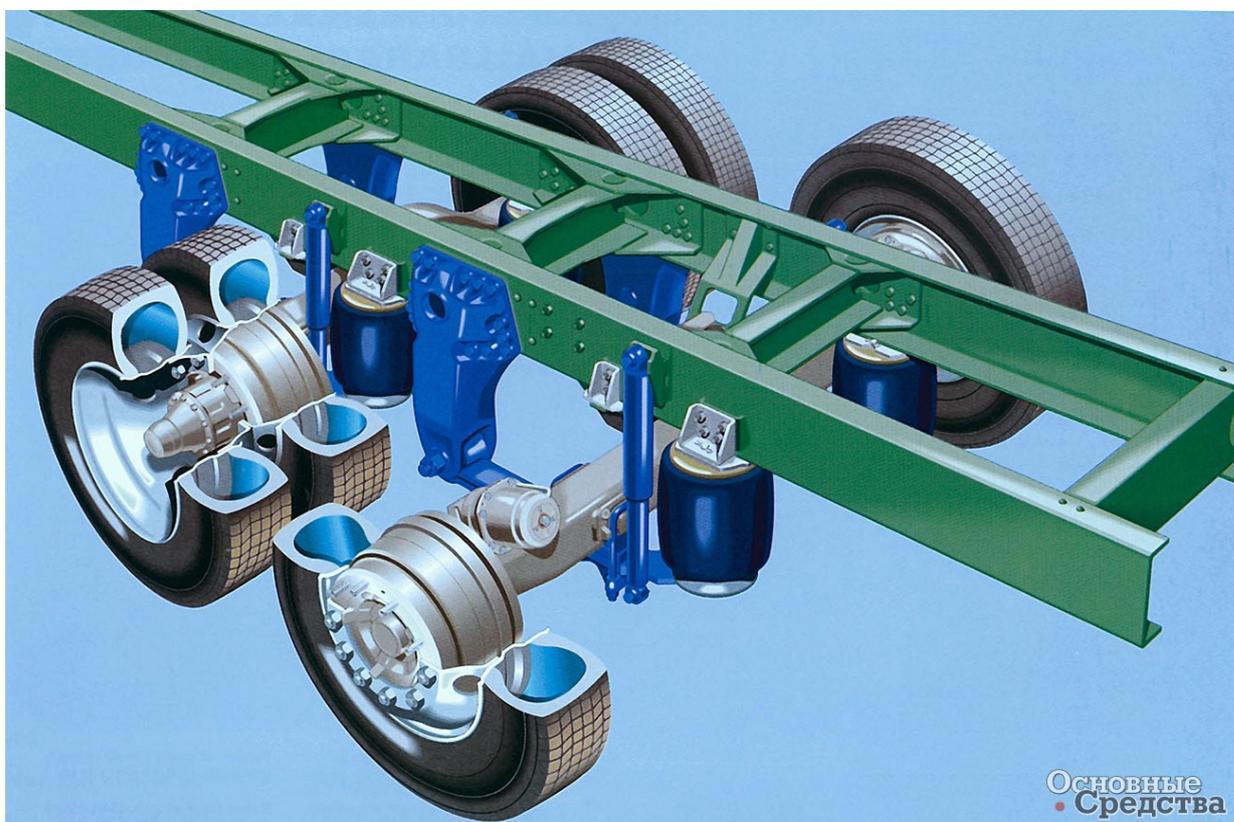
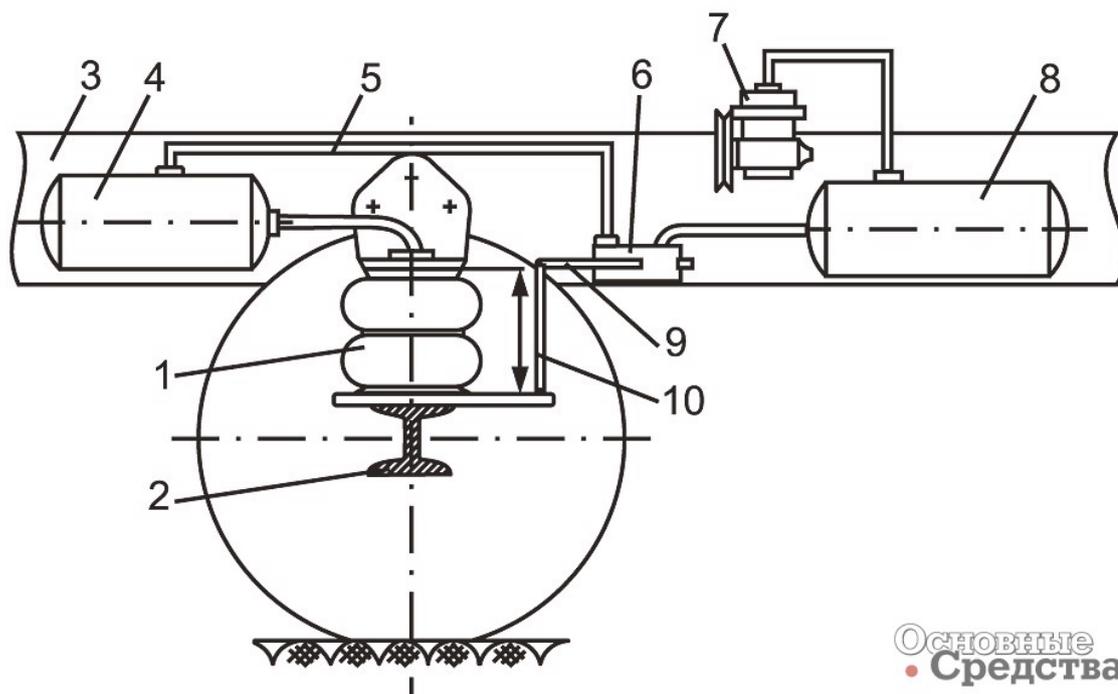


Рисунок 11 – Задняя пневматическая подвеска автомобиля Scania

«Принципиальная схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами и автоматическим регулированием положения кузова (рисунок 12) состоит из следующих основных элементов: 1 - упругий элемент; 2 - ось автомобиля; 3 - рама автомобиля; 4 - дополнительный воздушный резервуар; 5 - воздухопровод; 6 - регулятор положения кузова; 7 - компрессор; 8 – резервуар» [12], [23].



Основные Средства

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

Рисунок 12 - 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 подрессоренных и неподрессоренных 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 Конструкторские расчеты элементов разрабатываемой 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: $21400 / 4 \cdot 9,8 = 52430,0$ Н.» [12], [13]

Статическая нагрузка на пневматический упругий элемент определяется по формуле:

$$P_C = (P_1 - P_a) \cdot A_{\text{Э}}, \quad (24)$$

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

P_a – нормальное атмосферное давление, $P_a = 100,0$ кПа;

$A_{\text{Э}}$ – эффективная площадь в положении статического равновесия, м^2 .»

[8], [10]

Эффективный диаметр упругого элемента $d = 0,405$ 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:

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

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

V_1 – объём воздуха в упругом элементе в положении статического равновесия, м^3 :

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

где h – высота пневмобаллона, $h = 0,350$ м

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

Тогда:

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

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]

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

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

$$K_{\text{э}} = \frac{\psi \cdot P_p}{31,3 \cdot \sqrt{f_{\text{ст}}}}, \quad (29)$$

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

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

P_p - вес подвесочной 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» [15]

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, $g_k = 0,5 \cdot 5625,0 = 2812,50 \text{ Н}$;

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:

$$\theta^1 = \frac{32 \cdot M_{KP} \cdot l_T}{\pi \cdot d_{CT}^4 \cdot G}, \quad (35)$$

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/м².

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

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]

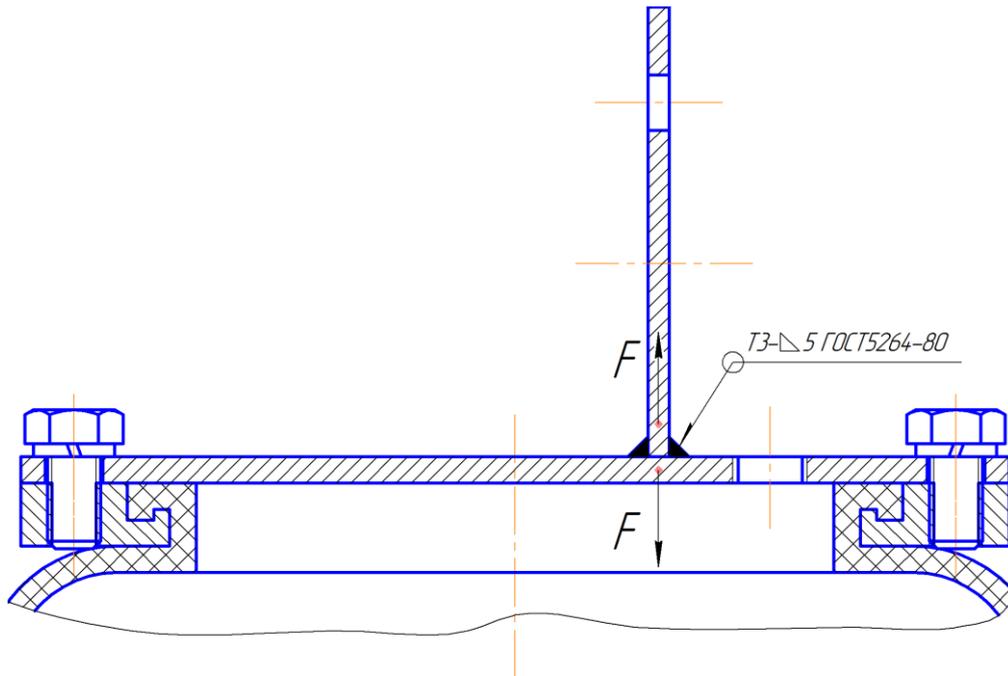


Рисунок 13 – Расчётная схема сварного шва крепления кронштейна к крышке верхней

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.

Изучение и анализ различных типов пневматических подвесок, а также расчет элементов подвески позволяют сделать следующие выводы в конструкторском разделе дипломного проекта.

В результате проведенного исследования были выявлены различные виды пневматических подвесок, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Определение оптимального типа подвески зависит от конкретных задач и требований к автомобилю.

Проведенные расчеты элементов подвески позволяют обеспечить не только оптимальную грузоподъемность и устойчивость автомобиля, но и комфортное движение. Корректный подбор амортизаторов, пружин и других компонентов существенно влияет на общую эффективность подвески. Конструкция подвески должна быть спроектирована с учетом высоких стандартов надежности и безопасности. Это включает в себя не только подбор прочных материалов, но и правильное распределение нагрузок на элементы подвески. Исследование различных конструкций пневматических подвесок может привести к разработке инновационных решений, способных улучшить характеристики автомобиля в целом. Это может включать в себя новые способы адаптации подвески к различным условиям дороги и нагрузкам.

Важно учитывать взаимодействие пневматической подвески с другими системами автомобиля, такими как тормозная система и системы управления. Сбалансированная работа всех компонентов обеспечивает оптимальное функционирование автомобиля.

Итак, на основе проведенного анализа и расчетов в конструкторском разделе можно заключить, что правильный выбор типа пневматической подвески и корректное проектирование элементов подвески являются ключевыми факторами для создания автомобиля с высокой проходимостью, комфортом и безопасностью. Дальнейшее развитие концепции подвески и внедрение инновационных решений могут значительно улучшить качество производимого транспортного средства.

4 Технологический раздел дипломного проекта

В технологическом разделе дипломного проекта рассматривается процесс сборки пневматической подвески задней оси автомобиля КамАЗ, разработанного в конструкторском разделе. Особенностью конструкции будет являться то, что задняя подвеска остается неизменной, сзади так же, как в оригинальной конструкции, применяется неразрезная разгруженная балка на пневматической подвеске с амортизаторами. Рама транспортного средства остается неизменной.

Технологическая карта представлена в таблице 11. На листе графической части представлена технологическая схема сборки тормозных механизмов.

Таблица 11 – Технологическая карта сборки пневматической подвески КамАЗ

№ пер	Наименование операции / перехода	Содержание операций, переходов	Используемое оборудование и инструмент	Время, чел-мин
1. Сборка подушки				
005	Сборка крышки подушки	1. Установить крышку подушки в кондуктор 2. Произвести сварку крышки и кронштейна	Стенд сборочный Аппарат дуговой сварки	2,45
010	Сборка подушки	1. Установить кольца на резиновую подушку 2. Установить верхний и нижний корпус-фиксатор 3. Установить резиновую прокладку 4. Соединить корпус-фиксатор и крышку болтами 5. Ввернуть штуцер подкачки в верхнюю крышку	Стенд сборочный Комплект слесарных инструментов	3,20

Продолжение таблицы 11

2. Сборка рычага подвески				
015	Сборка рычага подвески	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить рычаг в сборочный кондуктор 2. Приварить бобышку крепления амортизатора 3. Запрессовать сайлент-блоки шарниров 4. Закрепить фланец крепления подушки на рычаге 	Стенд сборочный Аппарат дуговой сварки Комплект слесарных инструментов	15,52
3. Сборка пневматической подвески				
020	Сборка рычагов и рамы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить балку моста на рычаги 2. Закрепить балку моста и рычаги стремянками 3. Установить рычаг с балкой моста в кронштейн 4. Закрепить рычаг гайками 5. Присоединить торсионную балку 6. Закрепить торсионную балку стремянками 7. Присоединить амортизаторы к балке и раме 8. Закрепить амортизаторы гайками 9. Осуществить протяжку резьбовых соединений с моментами, соответствующими соединениям 	Комплект слесарных инструментов Динамометрический ключ	25,30
025	Присоединение пневмосистемы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить ресиверы на раму 2. Присоединить ресиверы к раме при помощи стремянок 3. Присоединить шланги от ресиверов к подушкам 4. Присоединить ресиверы к пневмосистеме транспортного средства. 5. Произвести пробный пуск и проверку на утечки воздуха 		

Технологическая схема сборки задней подвески приводится на листах графической части выпускной квалификационной работы.

В процессе разработки технологии сборки задней пневматической подвески автомобиля КамАЗ были учтены основные этапы и последовательность операций для эффективной и качественной сборки. Были

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

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей задней пневматической подвески автомобиля КамАЗ для исключения возможных дефектов и системы на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы тормозов.

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

5 Безопасность и экологичность участка механической сборки

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта

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

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

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

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

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

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

Общие технические характеристики участка приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Общие технические характеристики сборочного участка

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

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

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

В таблице 13 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 13 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

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

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

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Процесс механической обработки заготовок, изготовления узловых конструкций и окончательная сборка сопряжены с различными профессиональными рисками для работников. Рассмотрим основные угрозы, с которыми сталкиваются сотрудники на участке механической сборки, и выявим способы их предотвращения для обеспечения безопасности и здоровья персонала на производстве. Идентификация профессиональных рисков приведена в таблице 14.

Таблица 14 - Идентификация профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 14

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

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

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

«Приказ Министерства труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда». Методы, приведённые в таблице 15, соответствуют приказу. Они были специально разработаны, как и средства индивидуальной и коллективной защиты, для снижения воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора. Соответственно всё было проверено на практике и только после этого утверждено, следует они являются эффективными.» [19]

Таблица 15 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Продолжение таблицы 15

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

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

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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

«В таблице 16 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 16 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

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

«В таблице 17 приведена первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 17 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

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

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных,

обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 18 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 18 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

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

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

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

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

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

Таблица 19 – Идентификация негативных экологических факторов

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

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

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

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

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

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

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

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

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

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

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

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

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

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (37)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

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

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

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

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

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

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

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

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 20. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (38)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

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

Таблица 20 – Расчет затрат на материалы

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

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

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (39)$$

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

C_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

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

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 21.

Таблица 21 – Расчет затрат на покупные изделия

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

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

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{T_i} \cdot k_{ч_i} \cdot k_{пр}) \quad (40)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

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

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

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (41)$$

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

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

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

$$З_{ФСС} = (З_о + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (42)$$

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

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

$$P_{об} = Z_о \cdot 1,04 \quad (43)$$

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

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

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (44)$$

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

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

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (45)$$

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

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 23.

Таблица 23 – Расчет себестоимости конструкции

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

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

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

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

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

$$Ц_{и} = С_{п} + С_{п} \cdot 0,15 + С_{п} \cdot 0,20 \quad (46)$$

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

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

$$\mathcal{E} = Ц_{и} - Ц \quad (47)$$

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

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет средней цены изделия

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

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

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

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

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

где N – объём реализации продукции, ед.

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

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

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

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

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

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

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

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

Заключение

Актуальность темы дипломного проекта обоснована прежде всего тем, что пневматическая подвеска способствует улучшению проходимости грузовых автомобилей, что особенно важно для автомобилей, работающих в условиях сложного рельефа или на плохих дорогах. Разработка пневматической подвески позволит значительно повысить комфорт вождения грузовых автомобилей, уменьшая вибрации и смягчая удары при движении по неровностям дорог. Также, пневматическая подвеска способствует снижению износа шин и других деталей подвески, что в свою очередь может уменьшить расходы на техническое обслуживание и повысить срок службы автомобиля.

Исходя из проведенного анализа параметров, влияющих на устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля, произведенных в первом разделе дипломного проекта, были сделаны следующие выводы.

Качество подвески и амортизаторов имеет решающее значение для обеспечения устойчивости и плавности хода автомобиля. Они поглощают удары от неровностей дороги, обеспечивая комфортное движение. Состояние шин и дисков непосредственно влияет на управляемость и устойчивость автомобиля. Правильно подобранные шины с хорошим протектором обеспечивают надежное сцепление с дорогой.

Наличие современных систем стабилизации, таких как ESP и ABS, повышает безопасность и управляемость автомобиля, особенно в экстремальных ситуациях.

Плавное переключение передач и эффективная работа двигателя способствуют плавности и комфорту движения. Это также влияет на уровень управляемости автомобиля. Важно подчеркнуть, что оптимальная комбинация всех вышеперечисленных параметров является ключом к достижению идеального баланса между устойчивостью, управляемостью и плавностью хода автомобиля.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что для обеспечения оптимального уровня устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля необходимо уделить внимание всем аспектам конструкции, техническому обслуживанию и правильному выбору компонентов. Только при совокупном учете всех факторов можно достичь высокого уровня комфорта и безопасности как для водителей, так и пассажиров.

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

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

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

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

Изучение и анализ различных типов пневматических подвесок, а также расчет элементов подвески позволяют сделать следующие выводы в конструкторском разделе дипломного проекта. В результате проведенного исследования были выявлены различные виды пневматических подвесок, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Определение оптимального типа подвески зависит от конкретных задач и требований к автомобилю.

Проведенные расчеты элементов подвески позволяют обеспечить не только оптимальную грузоподъемность и устойчивость автомобиля, но и комфортное движение. Корректный подбор амортизаторов, пружин и других компонентов существенно влияет на общую эффективность подвески. Конструкция подвески должна быть спроектирована с учетом высоких стандартов надежности и безопасности. Это включает в себя не только подбор прочных материалов, но и правильное распределение нагрузок на элементы подвески. Исследование различных конструкций пневматических подвесок может привести к разработке инновационных решений, способных улучшить характеристики автомобиля в целом. Это может включать в себя новые способы адаптации подвески к различным условиям дороги и нагрузкам.

Важно учитывать взаимодействие пневматической подвески с другими системами автомобиля, такими как тормозная система и системы управления. Сбалансированная работа всех компонентов обеспечивает оптимальное функционирование автомобиля.

Итак, на основе проведенного анализа и расчетов в конструкторском разделе можно заключить, что правильный выбор типа пневматической подвески и корректное проектирование элементов подвески являются ключевыми факторами для создания автомобиля с высокой проходимостью, комфортом и безопасностью. Дальнейшее развитие концепции подвески и внедрение инновационных решений могут значительно улучшить качество производимого транспортного средства.

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

Разработанная технология направлена на обеспечение высокой точности сборки деталей задней пневматической подвески автомобиля КамАЗ для исключения возможных дефектов и системы на протяжении всего срока эксплуатации. Были разработаны рекомендации по контролю качества на различных этапах сборки для предотвращения возможных ошибок и повышения надежности работы тормозов.

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

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

В разделе определены технологические операции, осуществляемые на сборочном участке. На основании перечня технологических операций, были идентифицированы профессиональные риски и определен перечень

воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов. Выявленные профессиональные риски позволили выполнить разработку методов для их минимизации или нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

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

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

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

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

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены изделия и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $C_{п} = 122\,065,96$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 164\,800$ руб.

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

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

Список используемой литературы и используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Приложение А
Графики тягового расчета

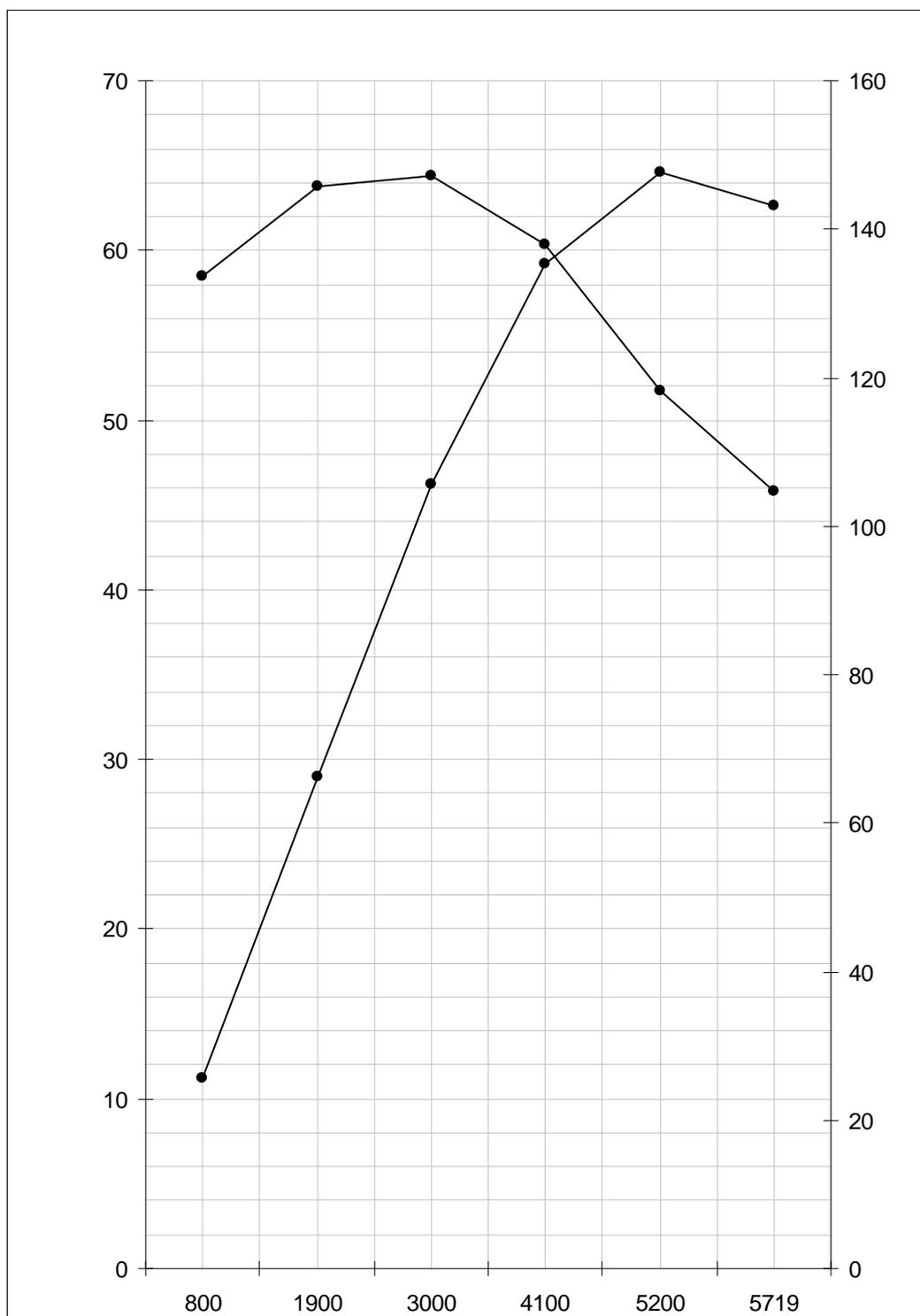


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

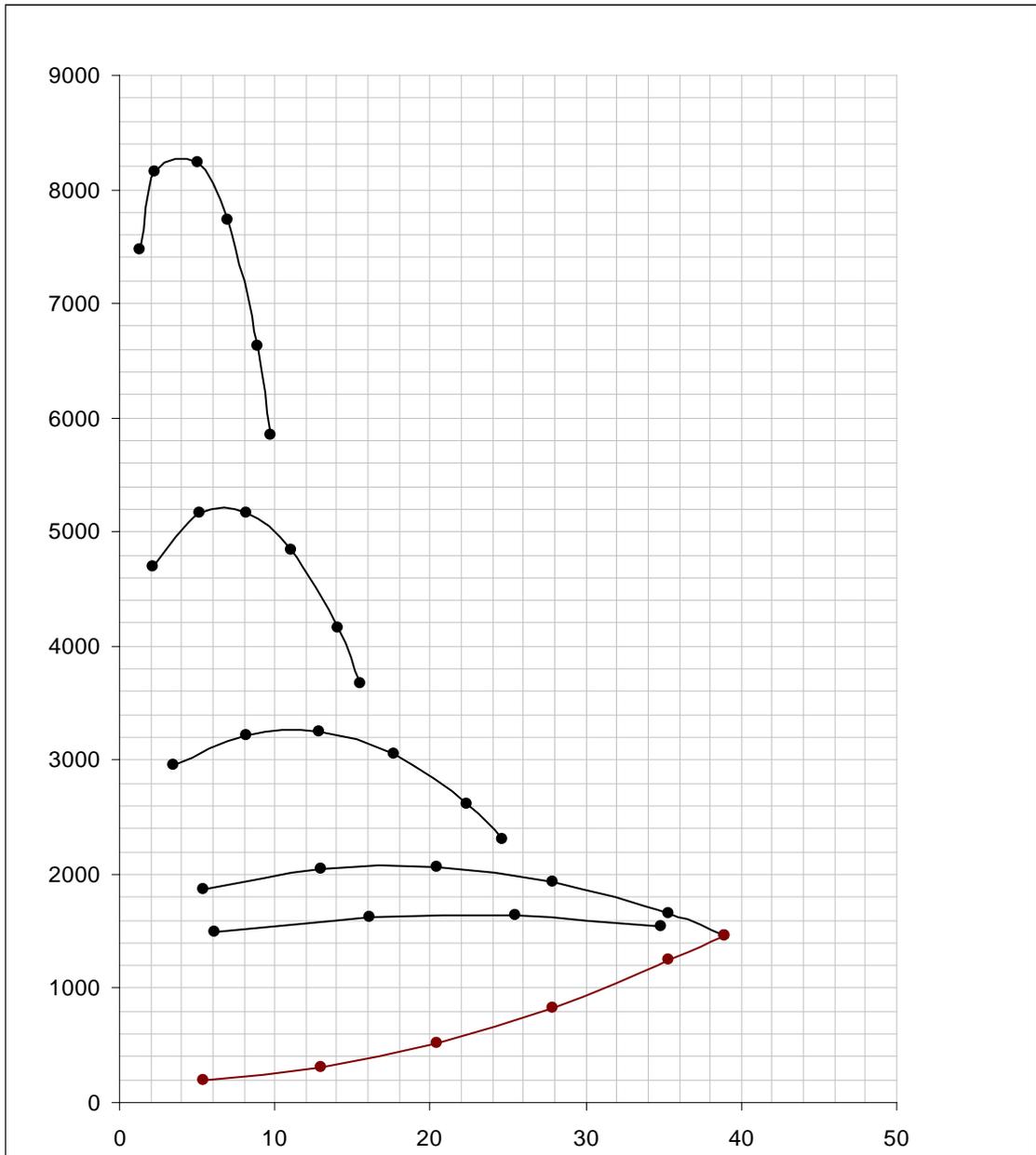


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

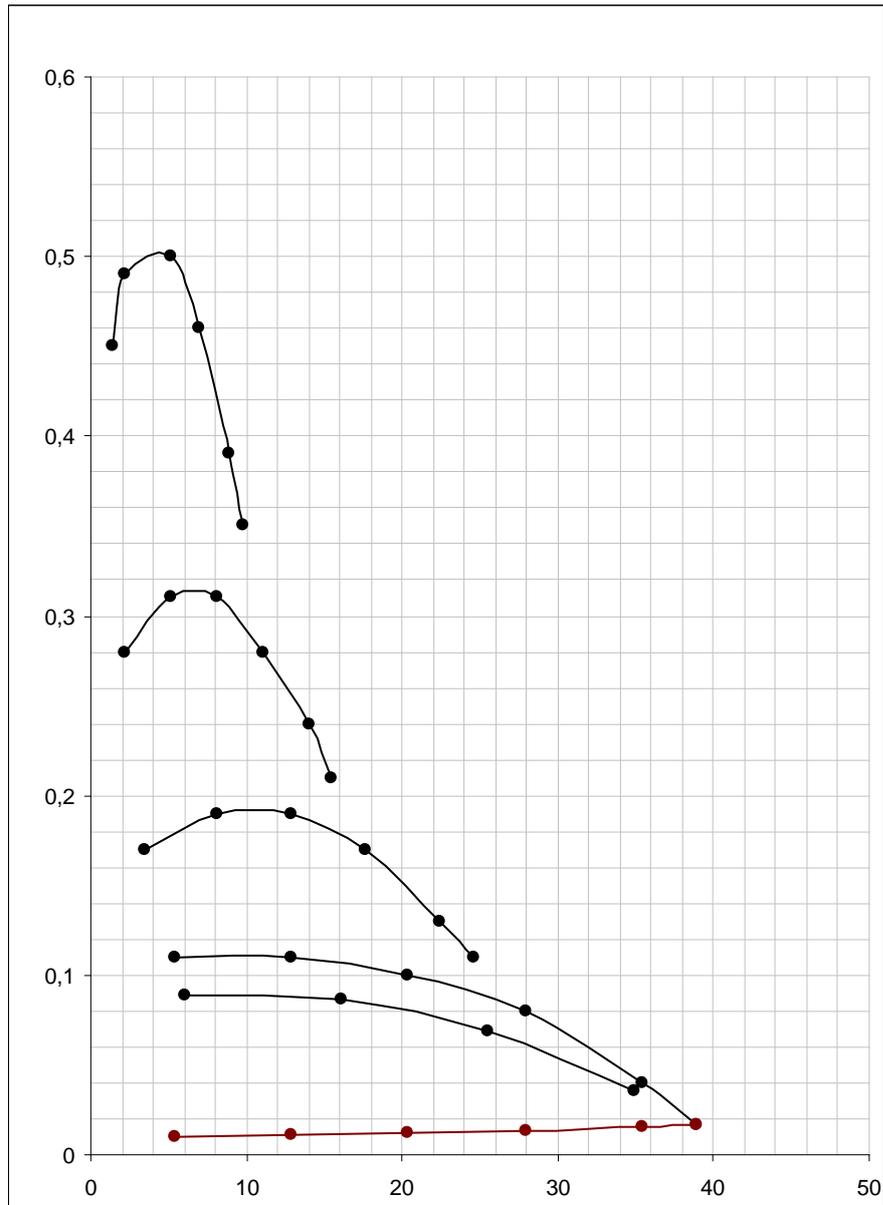


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

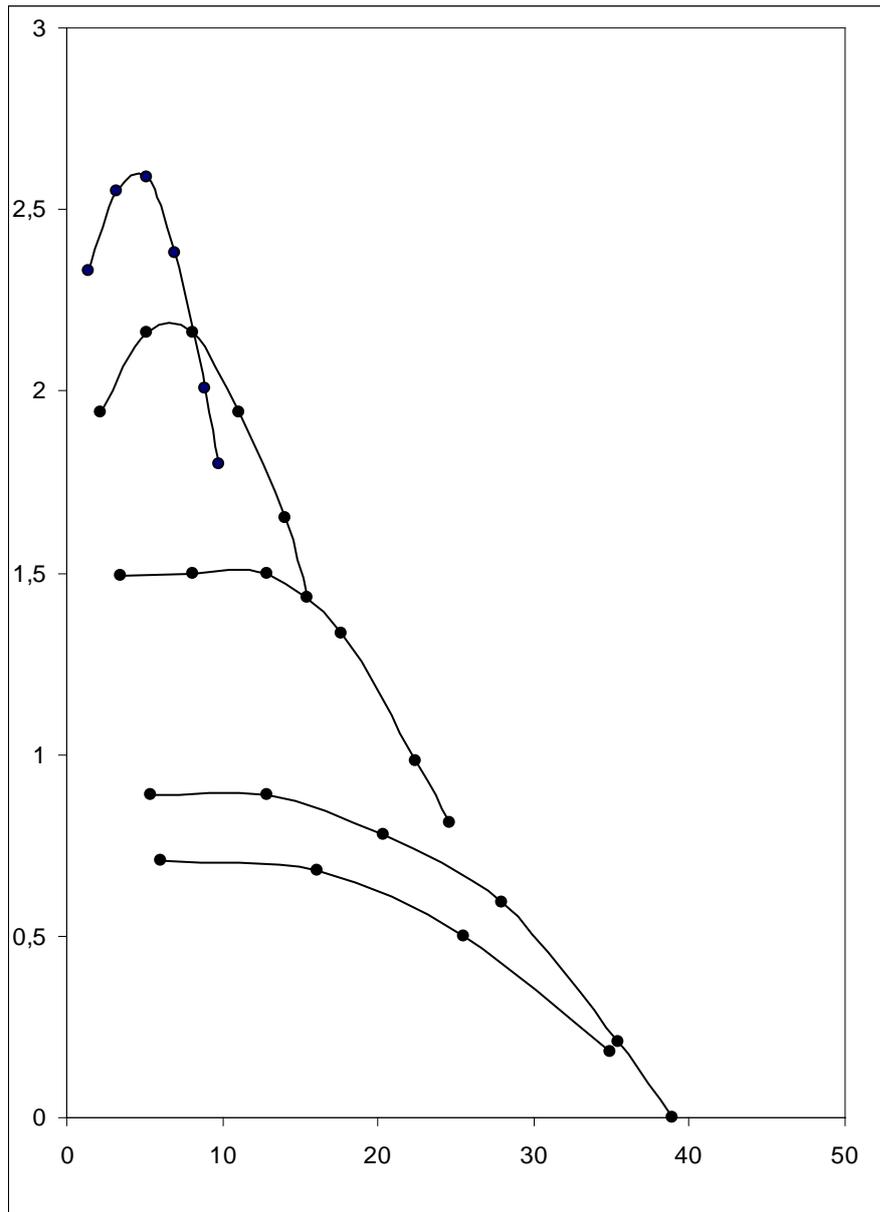


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

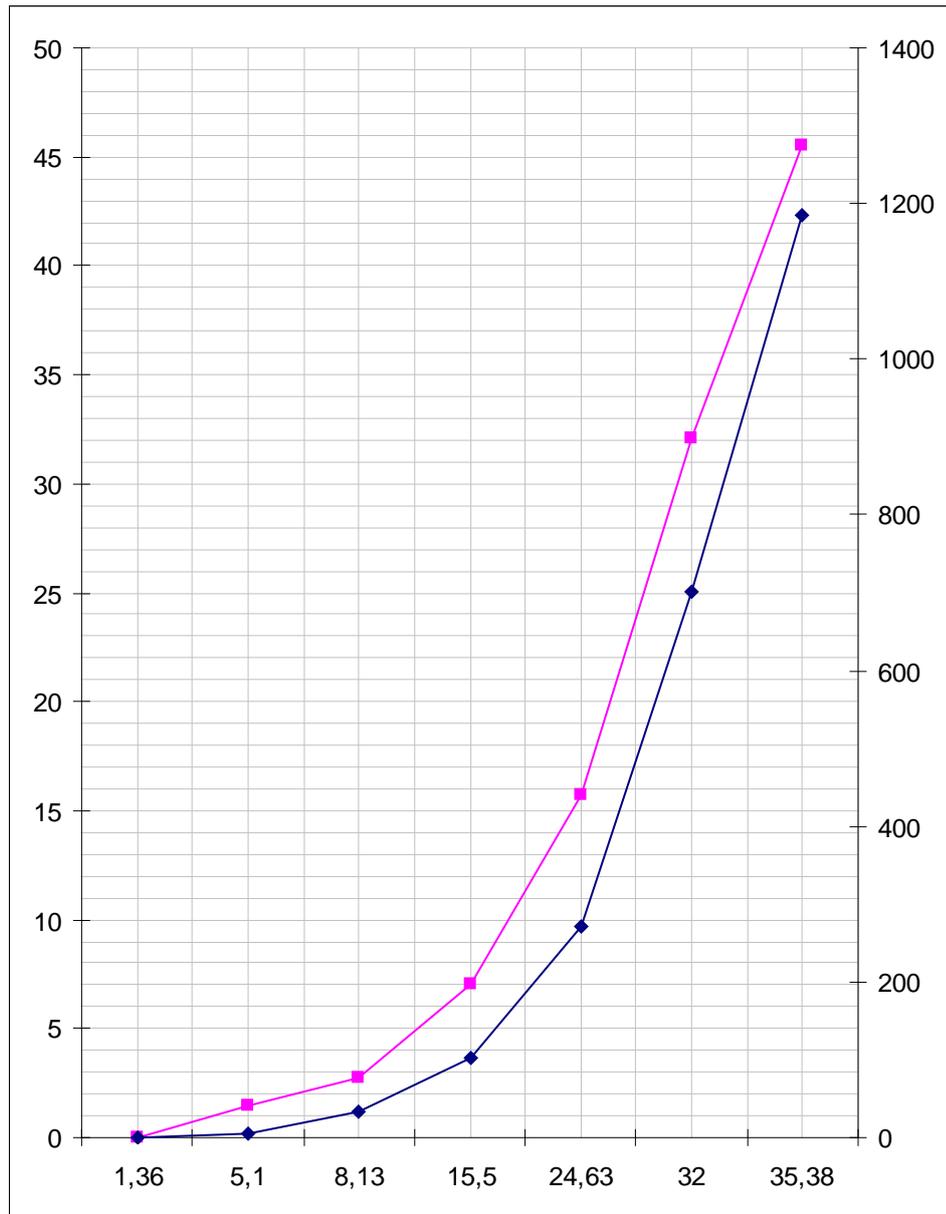


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

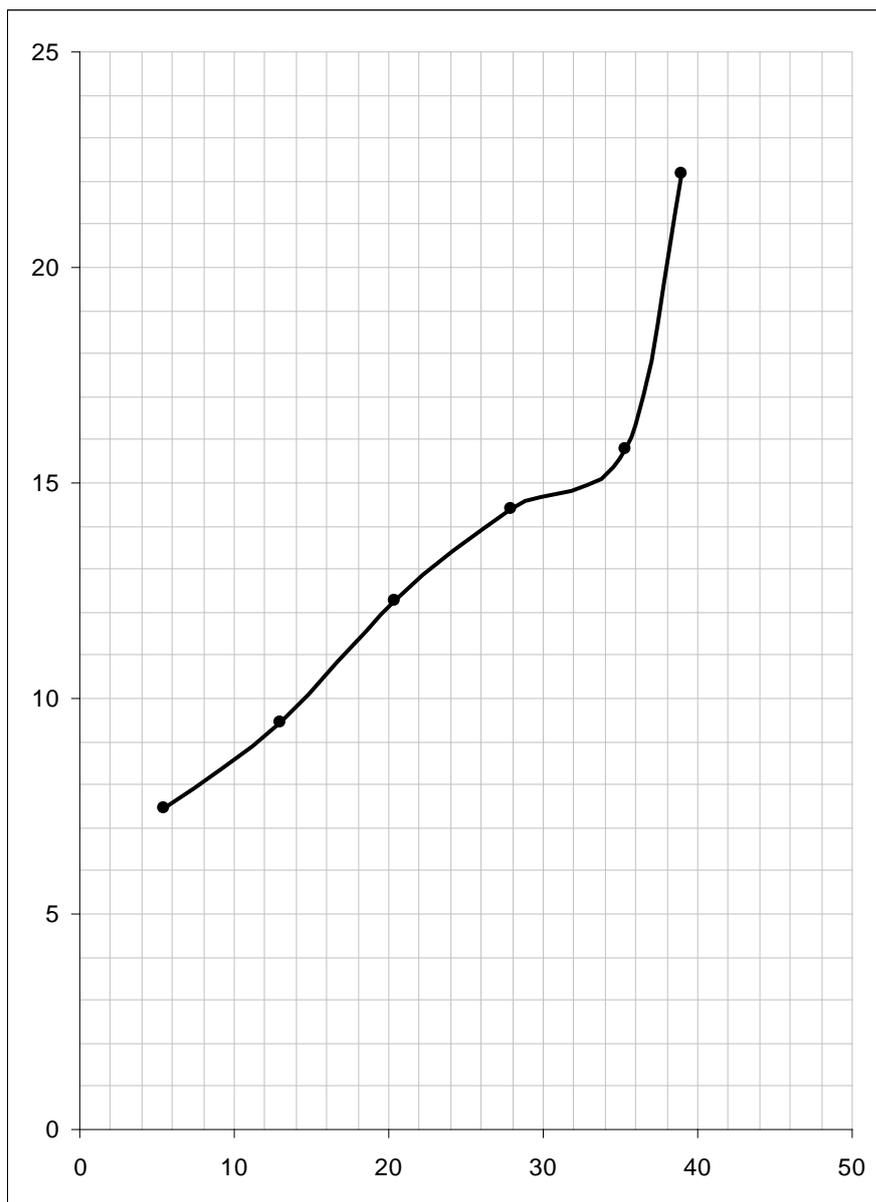


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика