

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 кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53

Студент

А.Р. Плешаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 85 страниц с приложением. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

Цель данного дипломного проекта – модернизация подвески седельного тягача КамАЗ-65225 путём разработки задней подвески на пневмобаллонах.

ВКР включает в себя пять разделов.

В первом разделе рассмотрены требования, предъявляемые к подвеске седельного тягача, выявлены конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на плавность хода грузового автомобиля, выполнен обзор существующих задних подвесок грузовых автомобилей, приведены преимущества и недостатки задней пневматической подвески.

Во втором разделе выполнен расчет тягово-динамических характеристик автомобиля, а также выполнена разработка конструкции задней подвески для автомобиля-тягача КамАЗ-65225.

В третьем разделе проведена разработка технологии технического обслуживания и ремонта проектируемой подвески, разработана операционно-технологическая карта.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся производственной и экологической безопасности проекта.

В пятом разделе проведена технико-экономическая оценка проекта.

Abstract

The title of the senior thesis is: «The modernization of the «KAMAZ-65225-53» truck rear suspension».

The aim of the work is to modernize the suspension of the «KAMAZ-65225» truck by developing a rear suspension on pneumatic cushions and developing a technology for its maintenance and repair.

The senior thesis is divided into five parts.

In the first part, the requirements for the truck tractor suspension are considered. The design and operational factors affecting the ride comfort of a truck, the ways to improve the ride comfort are studied. The existing rear suspensions of trucks is analyzed, the advantages and disadvantages of the rear pneumatic suspension are described.

In the second part, we perform the calculation of the traction and dynamic vehicle characteristics. Also, the design of the rear suspension for «KAMAZ-65225» truck is developed.

In the third part, the technology of maintenance and repair of the vehicle suspension are developed. Also, we devised the technological assembling chart.

In the fourth part, the issues related to the production and environmental safety of the project were considered. The calculation of pollutants emissions from the parking and maintenance areas of «KAMAZ-65225» truck is carried out.

The fifth part deals with the feasibility study of the project.

The senior thesis consists of 85 pages, including 17 figures, 18 tables, the list of 34 references and 1 appendix.

Содержание

Введение.....	5
1 Обоснование модернизации задней подвески автомобиля-тягача	8
1.1 Требования к подвеске седельного тягача	8
1.2 Обзор существующих задних подвесок грузовых автомобилей	11
1.3 Преимущества и недостатки задней пневматической подвески.....	16
2 Конструкторская часть	19
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	19
2.2 Разработка конструкции задней подвески для автомобиля-тягача КамАЗ-65225.....	34
3 Разработка технологического процесса ТО и Р модернизированной подвески тягача	52
3.1 Операции технического обслуживания модернизированной подвески тягача	52
3.2 Оборудование для диагностики подвески.....	54
3.3 Разработка операционно-технологической карты.....	60
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	62
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса обслуживания задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53	62
4.2 Определение профессиональных рисков.....	64
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	65
4.4 Пожарная безопасность	70
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса обслуживания задней подвески	72
5 Экономическая эффективность проекта.....	74
Заключение	80
Список используемой литературы и используемых источников.....	81
Приложение А Спецификации.....	84

Введение

Грузовым автомобилем называется автономное транспортное средство, предназначенное для перевозки грузов и ограниченной численности пассажиров.

Начало массового производства грузовых автомобилей в России связано с выпуском в 1924 г. на заводе Автомобильного московского общества (завод АМО) первых десяти полутонных грузовых автомобилей АМО-Ф15. К 1929 г. производство достигло уже 4000 автомобилей в год, к этому же времени относится начало выпуска трехтонных грузовых автомобилей Я-3 на Ярославском автомобильном заводе. Выпуск этих автомобилей также был невелик и не превышал 1000 машин в год.

Такого объема производства автомобилей было недостаточно для обеспечения необходимых транспортных работ в период индустриализации страны в 1930-е гг., и было принято решение о создании Горьковского автомобильного завода, рассчитанного на годовую производительность 100000 грузовых автомобилей грузоподъемностью 1,5 т и 25000 легковых автомобилей, и Московского автомобильного завода (на базе завода АМО) с годовым выпуском 25000 грузовых автомобилей грузоподъемностью 3 т.

В период последних двух десятилетий в связи с переходом на рыночную экономику потребовалось существенное изменение структуры парка выпускаемых грузовых автомобилей, резко сократилась потребность в грузовых автомобилях средней (от 2,5 до 6 т) грузоподъемности и возрос спрос на грузовые автомобили малой (от 0,8 до 1,5 т) грузоподъемности. В этих условиях на Горьковском автомобильном заводе (ОАО «ГАЗ») освоено массовое производство грузовых автомобилей малой грузоподъемности – ГАЗ-2752 «Соболь» (0,9 т) и ГАЗ-3302 «Газель» (1,5 т), а на московском автомобильном заводе ОАО «ЗИЛ» организован массовый выпуск грузового автомобиля ЗИЛ-5301 «Бычок» (2,5 т).

Новые модели созданы с применением принципиально новых конструкций – двигателей с непосредственным впрыском топлива и микропроцессорным управлением, дисковых тормозных механизмов и антиблокировочных систем тормозов, гидроусилителей рулевого управления и других элементов конструкции, повышающих безопасность и комфорт управления автомобилем.

Грузовые автомобили предназначены для выполнения всевозможных транспортных работ, таких как внутригородские перевозки относительно малых партий грузов, транспортировка грузов по дорогам общего пользования и вне их, междугородные перевозки больших партий грузов, перевозка значительных объемов фунта, породы и руды во внедорожных условиях, перевозка скоропортящихся грузов в специальных фургонах. На базе грузовых автомобилей после монтажа специального оборудования выпускаются специализированные транспортные средства – цементовозы, молоковозы, санитарные автомобили, пожарные автомобили, краны и так далее.

Роль грузового автомобильного транспорта в хозяйственной жизни страны непрерывно возрастает.

В настоящее время автомобильным транспортом выполняется до 80 % всего объема хозяйственных перевозок.

Постоянно растущая потребность в автомобильных транспортных перевозках способствует ужесточению требований к конструктивному совершенству грузовых автомобилей. В последние годы появились принципиально новые модели грузовых автомобилей разной грузоподъемности, отвечающие современным требованиям по показателям мощности, по безопасности конструкции, то есть таким качествам автомобиля, способствующим снижению вероятности попадания его в дорожно-транспортные происшествия, как управляемость, устойчивость, маневренность, тормозные свойства, противопожарная безопасность, по экологической безопасности (степень воздействия грузового автомобиля на

окружающую среду, определяемая вредностью отработавших тазов, внешним шумом, давлением на фунтовую поверхность, возможность утилизации элементов конструкции после выработки ресурса).

Основным назначением дипломного проекта, является получение сбалансированной, надежной конструкции подвески автомобиля КамАЗ-65225, обеспечивающий длительный срок гарантированной безотказной работы подвески и автомобиля в целом. Улучшая и расширяя функционал подвески, вносим существенные изменения в действующую конструкцию, добавлены дополнительные элементы, расширяющие функционал, путём разработки задней подвески на пневматических баллонах и технологии её ТО и ремонта.

1 Обоснование модернизации задней подвески автомобиля-тягача

1.1 Требования к подвеске седельного тягача

«При создании грузового автомобиля-тягача подвеске уделяется все большее внимание. Ведь от ее совершенства зависят не только плавность хода, но и проходимость машины, безопасность движения, устойчивость, надежность, долговечность грузовика и даже расход топлива» [3].

«На современных грузовых автомобилях-тягачах можно встретить как зависимые, так и независимые подвески колес. При этом в силу экономической целесообразности наибольшее распространение получили рессорные подвески жестких балок мостов и только на магистральных тягачах в качестве упругих элементов прижились пневмобаллоны. Большое разнообразие конструктивных схем наблюдается на специальных военных машинах, к стоимости которых не предъявляются столь жесткие требования, как у обычных коммерческих грузовиков. На военных машинах можно встретить пружины и торсионы, гидропневматические элементы и стеклопластиковые рессоры, однако не эти транспортные средства будут объектом нашего внимания. Для нас наибольший интерес представляют действительно массовые конструкции. Начнем знакомство с самых характерных из применяемых рессорных подвесок» [34].

«Преимущества рессоры заключается в том, что это уникальное устройство (оно, между прочим, в несколько раз старше самого автомобиля) в подвеске играет сразу едва ли не все роли. Она и упругий элемент, и направляющий аппарат. Ее использование облегчает сборку и ремонт машины. Рессора проста по конструкции и в ремонте, но не лишена и целого ряда серьезных недостатков. К главным из них относятся: высокое межлистовое трение, способное сильно ухудшить плавность хода на хорошей дороге, а также большая материалоемкость в сочетании с технологической сложностью при производстве листов.

Листы для рессор изготавливают из дорогой, высокопрочной стали, содержащей кремний и марганец (55ГС, 55С2, 60С2), а также хром и никель (50ХГ). Чтобы рессоры могли выдерживать высокие, многократно повторяющиеся напряжения, возникающие во время прогиба, на поверхности листов после термообработки не должно быть обезуглероженных участков, трещин и других дефектов, а этого можно добиться только при довольно дорогом технологическом процессе. Предел текучести стали, идущей для изготовления листов рессоры, должен быть не менее 1150 Н/см^2 . Отсюда и высокая стоимость рессоры» [3].

«Рессоры стремятся применять возможно более длинными, поскольку возникающие в них напряжения обратно пропорциональны квадрату длины. При недостаточной длине в коренном листе могут возникнуть большие напряжения, для уменьшения которых кривизну остальных листов делают такой, чтобы они воспринимали часть нагрузки коренного и нескольких следующих за ним листов, разгружая их.

Несмотря на то, что рессоры известны уже несколько столетий, их долговечность, обусловленная начальными напряжениями, сложным напряженным состоянием, динамическим и повторяющимся воздействием разнообразных сил, остается невысокой. По сравнению с торсионами и пружинами рессора работает в менее благоприятных условиях; ее усталостная прочность в 4 раза меньше, чем у торсиона. В настоящее время при эксплуатации в хороших дорожных условиях (асфальтовое покрытие) долговечность рессор магистральных грузовиков составляет от 100 до 150 тысяч километров пробега, но в плохих условиях (грунтовые дороги, работа на стройках) она падает в два раза, а в некоторых случаях может достигать до 15 тысяч километров» [33].

«В напряженной рессоре верхняя часть сечения работает на растяжение, нижняя – на сжатие. При прямоугольном сечении рессоры расстояние от нейтральной линии до наиболее удаленных точек одинаково,

поэтому одинаковы и наибольшие рабочие напряжения – растягивающие и сжимающие» [4].

«Поломки рессор чаще всего бывают усталостного происхождения. При переменных напряжениях пределы выносливости стали становятся разными: меньшими при растяжении и большими при сжатии.

В связи с этим были предложены сечения листов, при которых наибольшие напряжения растяжения меньше, чем наибольшие напряжения сжатия. Если сечение имеет кромки или одну канавку, то нейтральная линия смещается вверх, расстояние до наиболее удаленных точек сечения уменьшается, соответственно падают напряжения растяжения» [5].

Коррозия в процессе эксплуатации современного грузового автомобиля-тягача значительно ослабляет эффект поверхностного упрочнения.

«Недостатком рессор является их линейная характеристика жесткости (то есть прогиб пропорционален прикладываемому усилию), в то время как желательно иметь прогрессивное увеличение жесткости по мере прогиба. Некоторого изменения жесткости рессоры можно достичь установкой серьги с наклоном или за счет цилиндрической задней опоры. Но оба способа позволяют реализовать нелинейность лишь в очень малых пределах» [3].

«Трение в рессоре в прошлом позволяло обходиться без специальных амортизаторов в подвеске современных грузовых автомобилей, что удешевляло машину и упрощало уход за ней. В настоящее время скорости движения грузовиков выросли настолько, что для обеспечения безопасности движения и плавности хода установка амортизаторов стала необходима, так же, как и борьба с трением в листах рессор. Причин две: из-за неблагоприятного закона изменения трения и нестабильности его величины при эксплуатации. При малых толчках, когда сила, передающаяся через рессору, меньше силы трения между листами, рессора «блокируется», неровности компенсируются только шинами, и плавность хода значительно ухудшается» [3].

На сегодняшний день многие мировые производители устанавливают на свои автомобили пневматические задние подвески.

«Пневмоподвеска широкое распространение в Европе и США получила 50 лет назад. Главное ее преимущество по сравнению с рессорной в меньшем весе, ее расходные материалы дешевле, и грузовик имеет лучшую плавность хода. Заводская цена грузовика с пневмоподвеской выше, чем машины с рессорной, но замена подушки в процессе эксплуатации дешевле, чем целой рессоры. Кроме того, грузовики с пневмоподвеской меньше разбивают асфальт дорог, поэтому магистральные тягачи чаще всего комплектуются пневмобаллонами. Минус такой подвески в том, что она требует дополнительных воздушных кранов и трубок и более мощного воздушного компрессора. Эта система боится влаги и дорожной грязи, поэтому на строительной технике чаще применяют рессорную подвеску. Правда, есть голландские производители тяжелой строительной техники Terberg и Ginaf, которые активно применяют пневмоподвеску собственной конструкции» [3].

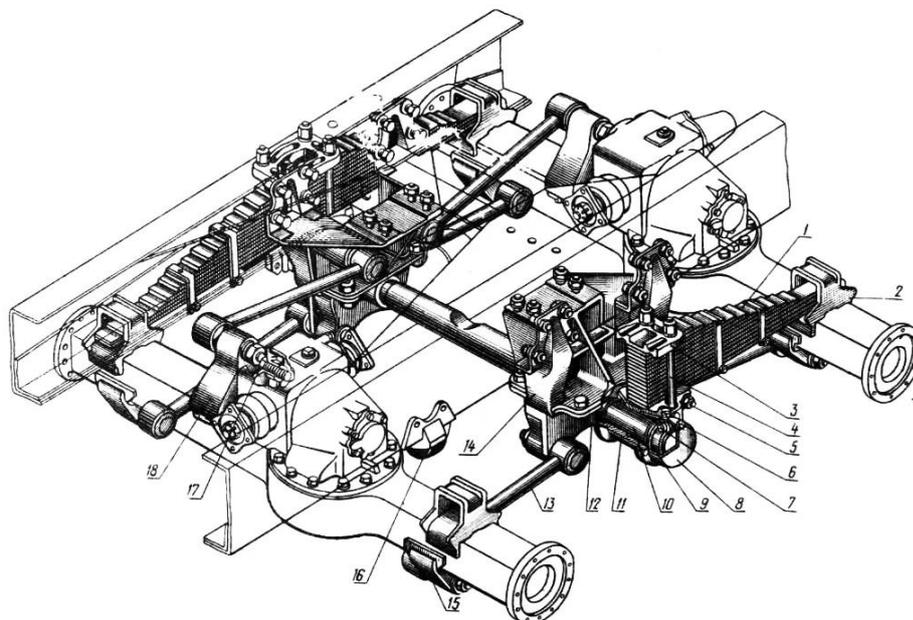
«Расходниками пневмоподвески являются в первую очередь сам пневмобаллон (его можно приобрести в сборе, либо по частям: стакан, подушка), а также амортизаторы, сайлентблоки полурессоры и она сама. Стоит напомнить, что амортизаторы меняются всегда парой – и слева, и справа. Если пренебречь этим правилом и сэкономить, с одной стороны поставив новый, а с другой оставив старый амортизатор, то правое и левое колесо одной оси будут по-разному обрабатывать неровности покрытия, что дестабилизирует полуприцеп и негативно сказывается на безопасности» [3].

1.2 Обзор существующих задних подвесок грузовых автомобилей

На рисунке 1 показана балансирная подвеска грузового автомобиля ЗИЛ-131.

«Подвеска 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» [4].



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 1 – Задняя балансирующая подвеска грузового автомобиля ЗИЛ-131

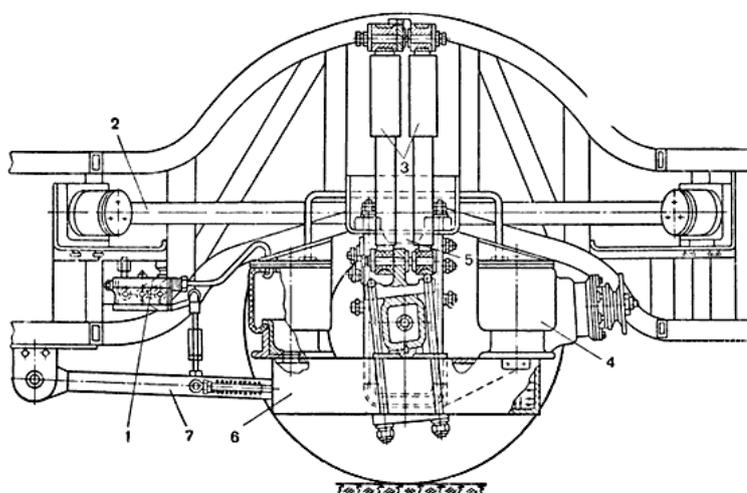
«Ступица размещена на конце оси 8 на втулке, которая изготовлена из антифрикционного материала и запрессована в ступицу. Ступица закреплена на оси гайкой 7 и снаружи закрыта крышкой 6. В крышке имеется отверстие с пробкой 5 для заливки масла, а в ступице – отверстие с пробкой для его слива. Для предотвращения 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.

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» [24].

На рисунке 2 показана задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А.

«Подвеска выполнена на четырех пневматических баллонах с реактивными штангами, четырьмя гидравлическими телескопическими амортизаторами двустороннего действия и стабилизатором торсионного типа. Упругими элементами подвески являются двойные круглые баллоны 7, снабженные дополнительными резервуарами 3 и заполненные сжатым воздухом. Баллоны установлены попарно с каждой стороны между кузовом и специальными кронштейнами 8, закрепленными на балке заднего моста. Регуляторы 1 постоянства высоты кузова размещены на его основании и через тяги соединены с кронштейнами 8. Передача толкающих усилий и восприятие реактивных моментов осуществляются штангами 2 и 9, которые соединяют задний мост с кузовом. В подвеске с каждой стороны расположено по два амортизатора 4 и буфера сжатия 6 и отдачи 5» [5].



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

Рисунок 2 – Задняя зависимая подвеска автобуса ЛАЗ-699А

«В грузовых полноприводных автомобилях преимущественно применяют зависимые подвески мостов с четырьмя листовыми рессорами, связанными с помощью уравнительных рычагов, опирающихся в трех точках. Достоинство такой конструкции состоит в том, что она проста и обеспечивает многоточечность опоры плеч. Недостаток ее заключается в переносе нагрузки на промежуточный и задний мосты при торможении и разгоне. Для снижения величины перераспределения силы были даже разработаны и применяются специальные амортизаторы, связанные с тормозной системой и меняющие свои характеристики (в сторону увеличения жесткости) при определенной степени нажатия водителем педали тормоза» [21].

«Другой вариант подвески с двухточечной опорой на плечи применяется, к примеру, на грузовиках Volvo.

При движении автомобиля распределение нагрузки между ведущим и ведомым мостами постоянно меняется. Так как задняя ось из-за нагрузки на опору стремится повернуться против направления вращения колес, то задний конец рессоры отжимается вниз, а рычаг стремится поднять ведомую ось. Благодаря этому происходит догрузка ведущего моста» [5].

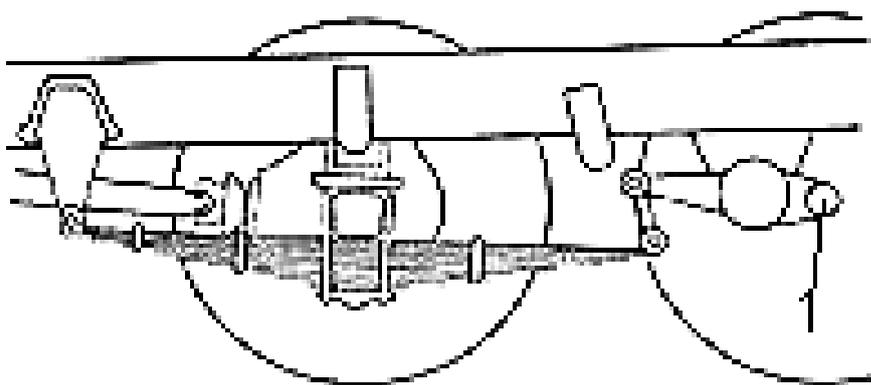
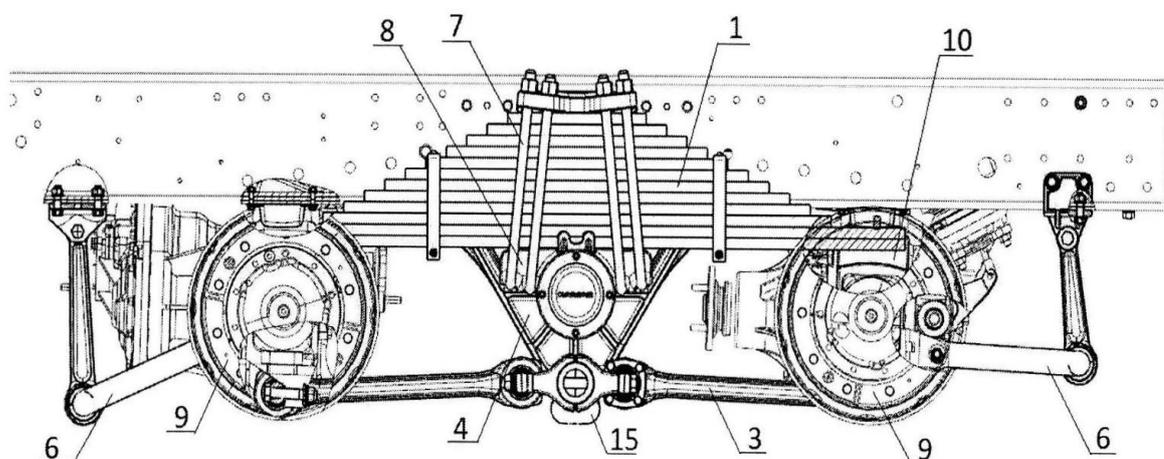


Рисунок 3 – Подвеска заднего неведущего и среднего ведущего мостов автомобилей Volvo

«На автомобилях с колесной формулой 6×4 и 6×6 широкое распространение получила подвеска задних мостов с балансирной тележкой

и одноточечной опорой рессоры на раму. В качестве направляющего аппарата используются реактивные штанги. В некоторых конструкциях задних мостов тяговые силы передаются рессорами, а реактивный и тормозной моменты – реактивными штангами. Такая конструкция обеспечивает: равномерное распределение крутящего момента по ведущим мостам и приемлемую плавность хода» [6].

На рисунке 4 рассмотрим конструкцию задней подвески мостов транспортного средства (патент RU165639U1).



1 – продольные листовые рессоры; 2 – верхние реактивные штанги; 3 – нижние реактивные штанги; 4, 12 – кронштейны; 5 – балансиры; 6 – стабилизаторы поперечной устойчивости; 7 – стремянка; 8 – башмак; 9 – задний мост; 10 – опорная площадка; 11 – резинометаллические шарниры; 13 – картер редуктора масла; 15 – поперечная стяжка

Рисунок 4 – Балансирная подвеска двух ведущих мостов задней тележки

Задняя подвеска мостов транспортного средства содержит две продольные листовые рессоры 1, верхние и нижние реактивные штанги, 2 и 3 соответственно, кронштейны 4 с запрессованными осями балансиров 5 и стабилизаторы 6 поперечной устойчивости. Листовые рессоры 1 закреплены средней частью с помощью стремянок 7 к башмаку 8. На верхнюю часть балок среднего и заднего мостов 9 с помощью штифтов прикреплена площадка 10, на которые опираются и, по которым скользят, концы рессор 1.

Верхние реактивные штанги 2 выполнены на концах с резинометаллическими шарнирами 11, и установлены одним концом на

кронштейне 12, закрепленном на картере 13 редуктора моста, а другим концом на кронштейне 4 балансира. Верхние реактивные штанги 2 могут быть выполнены V-образными. В кронштейнах 4 балансира жестко закреплена поперечная стяжка 15, на концах которой через проставочные элементы закреплены двухопорные резинометаллические шарниры нижних реактивных штанг 3, связывающих кронштейны 4 балансира с балками мостов 9 транспортного средства. На заднем и среднем мостах установлены стабилизаторы 6 поперечной устойчивости, состоящий из стоек и П-образной штанги.

Это компоновочное решение позволяет увеличить ход подвески и угловую жесткость подвески в поперечном направлении и защищает от опрокидывания транспортное средство.

Задняя подвеска мостов автомобиля функционирует следующим образом.

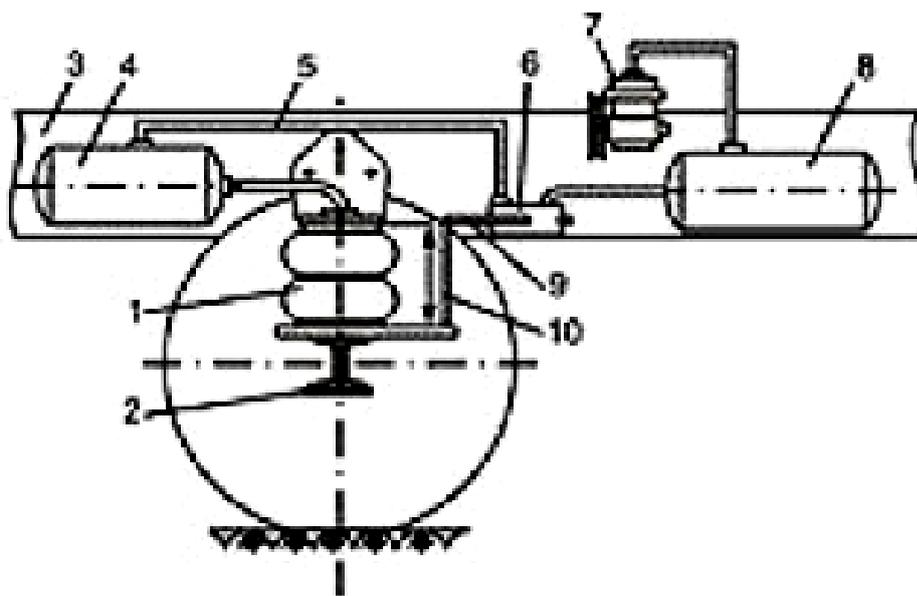
При переезде дорожных неровностей происходят вертикальные перемещения мостов 9, повороты балансира 5 вокруг осей и их деформация. Продольные реактивные штанги, нижние 2 и верхние 3, передают тяговые и тормозные усилия от мостов 9 на раму транспортного средства через кронштейны 4 балансира. При прогибе рессор 1 концы их скользят по площадкам 10. Для восприятия толкающих и реактивных усилий балки мостов 9 соединены реактивными штангами 2 и 3 с рамой транспортного средства. Стабилизаторы 6 поперечной устойчивости обеспечивает минимальный боковой крен.

1.3 Преимущества и недостатки задней пневматической подвески

«Опыт эксплуатации грузовых автомобилей показывает, что на неровных дорогах средняя скорость движения падает от 35 до 40 %, расход топлива увеличивается от 50 до 70 %, межремонтный пробег уменьшается от 35 до 40 %. При этом производительность автотранспорта снижается от 32 до

36 %, а стоимость перевозок возрастает от 50 до 60 %. К этому следует добавить потери, обусловленные перерасходом металла, топлива, резины и добавочными затратами рабочей силы. Для уменьшения этих потерь можно или улучшать дороги, что дорого, или совершенствовать подвески автомобиля, что еще дороже, но в пересчете на тысячи автомобилей оказывается дешевле» [5, 7].

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



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

Рисунок 5 – Принципиальная схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами

С учетом вышеизложенной информации, цель дипломного проекта следующая – модернизация подвески (задняя подвеска) грузового

автомобиля и разработка технологии ее технического обслуживания и ремонта.

Чтобы выполнить работу предлагается поставить следующие задачи:

- провести анализ конструкторских особенностей подвесок;
- анализ конструктивных особенностей грузового автомобиля КамАЗ;
- произвести основные расчёты проектируемой схемы;
- разработать сборочный чертёж проектируемой конструкции;
- изготовить рабочие чертежи основных деталей разработанной конструкции;
- разработать технологическую карту на ТО, ремонт, монтаж, демонтаж разработанной конструкции;
- разработать мероприятия БЖД;
- рассчитать технико-экономические показатели проекта;
- сделать выводы и предложения.

Выводы по разделу.

В первом разделе работы было рассмотрены требования, предъявляемые к подвеске грузового автомобиля (тягача), проведен обзор существующей компоновок (схем) и конструктивных особенностей задней пневматической подвески, а также проведен анализ преимуществ и недостатков задней подвески.

В следующем разделе предлагается провести тягово-динамический расчет автомобиля и предложить разработку конструкции задней подвески.

2 Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля

Для того чтобы произвести тягово-динамический расчет автомобиля необходимо иметь основные характеристики рассчитываемого автомобиля.

Все необходимые для расчета данные (технические характеристики), заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики основных параметров

Параметр, размерность, обозначение	Значение
Модель грузового автомобиля	КамАЗ-65225
Собственная масса, кг	11150
Полная масса, кг	28300
База, м	3515
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, м	7280/2900/3510
Дорожный просвет, мм	308
Внешний габаритный радиус поворота, м	11,5
Максимальная скорость, км/ч	80/100
Контрольный расход топлива, при 60 км/ч, л/100км	35
Двигатель	дизельный с турбонаддувом
Число и расположение цилиндров	V8
Максимальная мощность двигателя, кВт	265
Максимальный крутящий момент, Н·м	1570

2.1.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля

Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Максимальная мощность	кВт (л/с)	N_{max}	154,4 (210)
Коэффициенты в уравнении мощности	-	a	0,53
		b	1,56
		c	1,09

Продолжение таблицы 2

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Минимальная частота вращения	об/мин	n_{\min}	600
Максимальная частота вращения	об/мин	n_{\max}	2600

«Расчёт выполняется по формулам (1, 2).

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

$$M_e = \frac{N_e}{n_e} \cdot 9554. \quad (2)$$

где n_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

N_e – текущие мощности двигателя;

N_{\max} – максимальное значение мощности двигателя;

a, b, c – коэффициенты, учитывающие тип двигателя, форму камеры сгорания, для дизельных двигателей коэффициенты равны 1» [4].

Данные расчетов заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчётные значения внешних скоростных характеристик

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношение текущей и максимальной частоте вращения	0,23	0,38	0,6	0,8	1	1,2	1,4
Отношения текущей и максимальной частоте вращения в квадрате	0,05	0,14	0,3	0,6	1	1,3	1,8
Отношение текущей и максимальной частоте вращения в кубе	0,001	0,05	0,2	0,5	1	1,5	2,5
Мощность двигателя, кВт	22,7	51,5	77,3	98,3	110,3	106,4	134,8
Крутящий момент, Н·м	361,8	410,1	410,1	391,2	329,3	282,3	368

2.1.3 Тягово-скоростные характеристики автомобиля

«Тягово-скоростные характеристики, к которым относятся скорость движения, тяговые усилия на ведущих колесах и динамический фактор автомобиля, определяются по рассчитанным внешним скоростным характеристикам. Расчет выполняется для всех передач, и на основании полученных результатов делается заключение о тяговых и динамических свойствах автомобиля» [5].

В таблице 4 занесены данные необходимые для дальнейших расчетов и построения внешней скоростной характеристики.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик автомобиля

Параметр	Значение
«Радиус качения	0,488
Передаточное число главной передачи	5,94
Передаточное число трансмиссии	-
Первичная передача	7,82
Вторичная передача	4,03
Третья передача	2,5
Четвертая передача	1,53
Пятая передача	1,00
КПД трансмиссии	0,85» [1].

Тягово-скоростные (стендовые) характеристики автомобиля рассчитываются по формулам:

$$V_a = \frac{0,378 \cdot n_B \cdot r_K}{i_{КПП} \cdot i_{ГЛ.ПЕР.}}, \quad (3)$$

$$P_T = \frac{M_e \cdot i_{ГП} \cdot i_O \cdot \eta}{r_K}. \quad (4)$$

Производим расчеты характеристик автомобиля на передачах и заносим в таблицу 5:

Таблица 5 – Расчётные значения тягово-скоростных характеристик

Передача	Значение при оборотах не, об/мин							
	$n_e, \text{ об/мин}$	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
	$M_e, \text{ Н}\cdot\text{м}$	467,19	545,82	609,74	627,17	567,36	521,2	370,9
Первая	$V_a, \text{ км/ч}$	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
	$P_T, \text{ Н}$	37799	44161	49333	50743	45904	42169	30009
Вторая	$V_a, \text{ км/ч}$	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
	$P_T, \text{ Н}$	19480	22759	25424	26150	23657	21732	15465
Третья	$V_a, \text{ км/ч}$	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
	$P_T, \text{ Н}$	12086	14120	15774	16225	14678	13483	9224
Четвертая	$V_a, \text{ км/ч}$	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
	$P_T, \text{ Н}$	7396	8640	9652	9928	8980	8251	5871
Пятая	$V_a, \text{ км/ч}$	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	108,69
	$P_T, \text{ Н}$	4835	5649	6311	6491	5872	5394	3839

Сила сопротивления качения определяется по формуле:

$$P_K = G \cdot f, \quad (5)$$

$$P_K = 149989 \cdot 0,015 = 2249,84.$$

Сила сопротивления дороги определяется по формуле:

$$P_D = G \cdot (f + i), \quad (6)$$

$$P_D = 149989 \cdot (0,015 + 0) = 2249,84 \text{ Н}.$$

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле:

$$P_B = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13}, \quad (7)$$

где k_B – коэффициент обтекаемости, принимаем $0,6 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

F_B – лобовая площадь, $7,39 \text{ м}^2$.

Сила сопротивления воздуха рассчитываем для различных скоростей:

$$P_{B10} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10^2}{13} = 34,1 \text{ Н},$$

$$P_{B30} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30^2}{13} = 307,0 \text{ Н},$$

$$P_{B50} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 50^2}{13} = 852,7 \text{ Н},$$

$$P_{B70} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 70^2}{13} = 1671,3 \text{ Н},$$

$$P_{B90} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 90^2}{13} = 2762,7 \text{ Н},$$

$$P_{B110} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 110^2}{13} = 4127,0 \text{ Н}.$$

Сила сопротивления дороги определяется по формуле:

$$P_{\text{д}} = G \cdot f \cdot \left(1 + \frac{V^2}{259200} \right), \quad (8)$$

$$P_{\text{д}10} = 2250,7 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}30} = 2257,6 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}50} = 2271,5 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}70} = 2292,4 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}90} = 2320,1 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}110} = 2354,9 \text{ Н}.$$

Мощность, подводимая к ведущим колёсам автомобиля, определяется по формуле:

$$N_{\text{т}} = N_{\text{е}} \cdot \eta, \quad (9)$$

$$N_{\text{т}1} = 29,34 \cdot 0,85 = 24,94 \text{ кВт},$$

$$N_{T2} = 57,25 \cdot 0,85 = 48,66 \text{ кВт} ,$$

$$N_{T3} = 95,73 \cdot 0,85 = 81,37 \text{ кВт} ,$$

$$N_{T4} = 131,24 \cdot 0,85 = 111,55 \text{ кВт} ,$$

$$N_{T5} = 154,4 \cdot 0,85 = 131,24 \text{ кВт} ,$$

$$N_{T6} = 163,66 \cdot 0,85 = 139,11 \text{ кВт} ,$$

$$N_{T7} = 135,87 \cdot 0,85 = 115,49 \text{ кВт} .$$

Мощность, затрачиваемая на силу сопротивления дороги, определяется по формуле:

$$N_{д} = \frac{P_{д} \cdot V}{3600} , \quad (10)$$

$$N_{д10} = 6,25 \text{ кВт} ,$$

$$N_{д30} = 18,81 \text{ кВт} ,$$

$$N_{д50} = 31,55 \text{ кВт} ,$$

$$N_{д70} = 44,57 \text{ кВт} ,$$

$$N_{д90} = 58 \text{ кВт} ,$$

$$N_{д110} = 68,78 \text{ кВт} .$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивление воздуха, определяется по формуле:

$$N_{в} = \frac{P_{в} \cdot V}{3600} , \quad (11)$$

$$N_{в10} = 0,095 \text{ кВт} ,$$

$$N_{в30} = 2,56 \text{ кВт} ,$$

$$N_{в50} = 11,84 \text{ кВт} ,$$

$$N_{в70} = 32,49 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B90} = 69,05 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B110} = 126,08 \text{ кВт} .$$

Сила сопротивления воздуха для каждой передачи определяется по формуле (12):

$$P_{Bi}^{n_e} = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13} , \quad (12)$$

$$P_{B1}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 2,38^2}{13} = 1,93 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 4,63^2}{13} = 7,29 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 3,97^2}{13} = 5,36 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,71^2}{13} = 20,21 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 5,96^2}{13} = 12,06 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,57^2}{13} = 45,51 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,94^2}{13} = 21,43 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 15,42^2}{13} = 80,84 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10,32^2}{13} = 36,22 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,05^2}{13} = 136,68 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,91^2}{13} = 48,23 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 23,13^2}{13} = 181,9 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 13,9^2}{13} = 65,64 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 26,99^2}{13} = 247,68 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,45^2}{13} = 18,87 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,18^2}{13} = 50,44 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,42^2}{13} = 52,45 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,3^2}{13} = 140,11 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30,45^2}{13} = 315,25 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 24,84^2}{13} = 209,79 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 40,59^2}{13} = 560,17 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 32,29^2}{13} = 354,5 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 52,77^2}{13} = 946,79 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 37,26^2}{13} = 472 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 60,89^2}{13} = 1260,58 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 43,47^2}{13} = 642,48 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 71,04^2}{13} = 1715,87 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 31,06^2}{13} = 328 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 45,58^2}{13} = 706,36 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 62,11^2}{13} = 1315,75 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 80,74^2}{13} = 2216,44 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 93,17^2}{13} = 2951,42 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 108,69^2}{13} = 4016,6 \text{ Н}.$$

Динамическая характеристика автомобиля по формуле (13).

$$D = \frac{P_T^i \cdot P_{Bi}^{n_e}}{G_0 \cdot 9,8}, \quad (13)$$

где P_T – тяговая сила на i передачи;

«Рассчитаем силу сцепления с дорогой по формуле (14).

$$D_{сц.}^i = \frac{\varphi_x \cdot m_p^i \cdot G_2}{G_a}, \quad (14)$$

где G_2 – часть массы приходящейся на ведущие колеса автомобиля с полной нагрузкой,

G_a – полная масса автомобиля,

φ_x – коэффициент предельного сцепления, принимается от 0,1 до 0,7 [6].;

m_p^i – коэффициент перераспределения массы, для задней, ведущей оси автомобиля» [7].

2.1.4 Разгон и ускорение автомобиля

«Рассчитаем ускорения проектируемого автомобиля:

$$J_m = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{\text{врт.}}}, \quad (15)$$

где $\delta_{\text{врт.}}$ – коэффициент учета вращающихся масс на m -ой передаче, определяется по формуле (17).

$$\delta_{\text{врт.}} = 1,03 + 0,05 \cdot i_{TP}^2, \quad (16)$$

где i_{TP}^2 – передаточное отношение на m -ой передаче» [7].

Подставляем значения в формулы (13, 14, 15 16), рассчитываем и заносим результаты в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчетные данные

Передача	Обозначение	Значение при оборотах n_e , об/мин						
		600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Первая	D	0,54	0,64	0,71	0,73	0,66	0,61	0,43
	V_a , км/ч	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
	J_m , м/с ²	1,27	1,51	1,68	1,73	1,56	1,44	1
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Вторая	D	0,28	0,33	0,37	0,38	0,34	0,31	0,22
	V_a , км/ч	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
	J_m , м/с ²	1,41	1,68	1,89	1,95	1,73	1,57	1,09
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015

Продолжение таблицы 6

Передача	Обозначение	Значение при оборотах n_e , об/мин						
		600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Третья	D	0,17	0,2	0,23	0,23	0,21	0,19	0,12
	V_a , км/ч	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
	J_m , м/с ²	1,13	1,35	1,57	1,57	1,43	1,28	0,77
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Четвертая	D	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,1	0,06
	V_a , км/ч	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
	J_m , м/с ²	0,81	0,89	0,98	1,07	0,89	0,72	0,38
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Пятая	D	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,004	
	V_a , км/ч	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	
	J_m , м/с ²	0,5	0,59	0,59	0,5	0,32	0,23	
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	

Среднее ускорение автомобиля определяется:

$$J_{CP,i} = \frac{J_i + J_{i+1}}{2}, \quad (17)$$

где J_i – ускорение в начале интервала скорости;

J_{i+1} – ускорение в конце интервала скорости.

Расчет средней скорости проектируемого автомобиля:

$$V_{CP} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2 \cdot 3,6}. \quad (18)$$

Определяем время разгона проектируемого автомобиля на каждом участке:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_i}{J_{CP,i}}. \quad (19)$$

где ΔV_i – разница скоростей в начале и в конце i передачи.

Путь разгона автомобиля определяется по формуле:

$$\Delta S = V_{CP,i} \cdot \Delta t_i. \quad (20)$$

Производим расчеты по формулам (17, 18, 19, 20) и для каждой передачи и заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Разгон автомобиля

Передача	n_i , об/мин	V_i , км/ч	V_{i+1} , км/ч	V_{CP} , м/с	J_i	J_{i+1}	$J_{CP,i}$	Δt_i	ΔS
Первая	«600	2,38	3,97	0,88	1,27	1,51	1,39	1,14	1
	1000	3,97	5,96	1,38	1,51	1,68	1,6	1,24	1,71
	1500	5,96	7,94	1,93	1,68	1,73	1,71	1,16	2,4
	2000	7,94	10,32	2,54	1,73	1,56	1,65	1,44	3,66
	2600	10,32	11,91	3,09	1,56	1,44	1,5	1,06	3,28
	3000	11,91	13,9	3,59	1,44	1	1,22	1,63	5,85
	3500	13,9	–	–	1	–	–	–	–
Вторая	600	4,63	7,71	1,71	1,41	1,68	1,55	1,99	3,4
	1000	7,71	11,57	2,68	1,68	1,89	1,79	2,16	5,79
	1500	11,57	15,42	3,76	1,89	1,95	1,92	2,01	7,54
	2000	15,42	20,05	4,93	1,95	1,75	1,85	2,5	12,33
	2600	20,05	23,13	4	1,73	1,57	1,65	1,87	7,47
	3000	23,13	26,99	6,96	1,57	1,09	1,33	2,9	20,18
	3500	26,99	–	–	1,09	–	–	–	–
Третья	600	7,45	12,42	2,76	1,13	1,35	1,24	4,01	11,07
	1000	12,42	18,63	4,31	1,35	1,57	1,46	4,25	18,32
	1500	18,63	24,84	6,04	1,57	1,57	1,57	3,96	23,92
	2000	24,84	32,29	7,94	1,57	1,43	1,5	4,97	39,46
	2600	32,29	37,26	9,66	1,43	1,28	1,36	3,65	35,26
	3000	37,26	43,47	11,21	1,28	0,77	1,03	6,03	67,6
	3500	43,47	–	–	0,77	–	–	–	–
Четвертая	600	12,18	20,3	4,51	0,81	0,89	0,85	9,55	43,07
	1000	20,3	30,45	7,05	0,89	0,98	0,94	10,8	76,14
	1500	30,45	40,59	9,87	0,98	1,07	1,03	9,84	97,12
	2000	40,59	52,77	12,97	1,07	0,89	0,98	12,43	161,22
	2600	52,77	60,89	15,79	0,89	0,72	0,81	10,02	158,22
	3000	60,89	71,04	18,33	0,72	0,38	0,55	18,45	338,19
	3600	71,04	–	–	0,38	–	–	–	–
Пятая	600	18,63	31,06	6,9	0,5	0,59	0,55	22,6	155,94
	1000	31,06	45,58	10,64	0,59	0,59	0,59	24,61	261,85
	1500	45,58	62,11	14,96	0,59	0,5	0,55	30,05	449,55
	2000	62,11	80,74	19,84	0,5	0,32	0,41	45,44	901,53
	2600	80,74	93,17	24,16	0,32	0,23	0,28	44,39	1072,5
	3000	93,17	–	–	0,23	–	–	–	–
	3500	–	–	–	–	–	–	–	–» [7]

«Путь, пройденный автомобилем за время переключения передач:

$$\Delta S_{II} = (V_H - 17 \cdot t_{II}) \cdot t_{II}, \quad (21)$$

где V_H – скорость в начале переключения передач» [7].

$$V_H = V_{CP} - V_{II}, \quad (22)$$

$$V_H = 5,28 - 2,58 = 2,7 \text{ м/с},$$

$$V_H = 9,08 - 5,43 = 3,65 \text{ м/с},$$

$$V_H = 14,77 - 8,69 = 6,08 \text{ м/с},$$

$$V_H = 21,25 - 14,56 = 6,69 \text{ м/с}.$$

2.1.5 Расчет топливной экономичности автомобиля

«Путевой расход топлива определяется формуле:

$$q_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (23)$$

где ρ_T – плотность топлива для бензина 740 кг/м^3 ($0,74 \text{ кг/л}$), для дизельного топлива 800 кг/м^3 ($0,8 \text{ кг/л}$)» [8].

«Удельный расход топлива зависит от числа оборотов коленчатого вала и степени использования мощности и определяется по формуле:

$$g_e = g_N \cdot K_{OB} \cdot K_{II}. \quad (24)$$

где g_N – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, для дизельного топлива $258,4 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$;

K_{OB} , K_{II} – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от оборотов коленчатого вала и удельного расхода топлива от степени использования мощности, соответственно» [8].

С точки зрения топливной экономичности известно, что наиболее рациональными режимами движения является 0,8 от максимальной мощности.

Рассчитаем удельный и путевой расходы топлива:

$$g_e = 258,4 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 144,7 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

$$q_{II} = \frac{144,7 \cdot (154,4 \cdot 0,8)}{10 \cdot (80 \cdot 0,8) \cdot 0,8} = 34,9 \text{ л/100км.} \quad (25)$$

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках (6, 7).

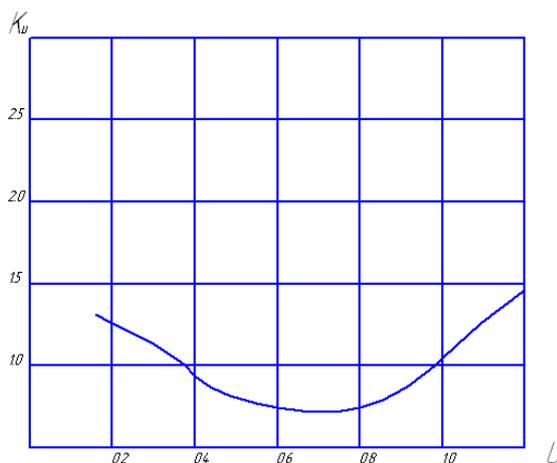


Рисунок 6 – График зависимости коэффициента, учитывающего изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности

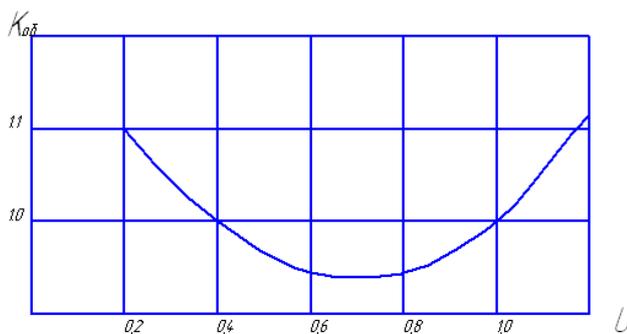


Рисунок 7 – График зависимости коэффициента, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

2.1.6 Анализ эксплуатационных свойств проектируемого автомобиля

Проектируемый автомобиль, прототипом которого является КамАЗ-65225, имеет следующие технические характеристики:

- а) «максимальную скорость движения автомобиля по асфальтобетонному покрытию – 80,74 км/ч;
- б) скорость движения, при которых происходит переключение передач:
 - 1) на первой передаче – 10 км/ч,
 - 2) на второй – 20 км/ч,
 - 3) на третьей – 32 км/ч,
 - 4) на четвёртой – 52 км/ч;
- в) минимальная скорость движения автомобиля при движении на высшей передаче – 18 км/ч;
- г) время разгона до максимальной скорости – 286,15 с;
- д) путь разгона до максимальной скорости автомобиля – 3985,37 м;
- е) максимальное ускорение автомобиля при разгоне изменяется от 0,59 до 1,95 м/с², в том числе:
 - 1) на первой передаче – 1,73 м/с²,
 - 2) на второй передаче – 1,95 м/с²,
 - 3) на третьей передаче – 1,57 м/с²,
 - 4) на четвёртой передаче – 1,07 м/с²,
 - 5) на пятой передаче – 0,59 м/с².
- ж) максимальная сила тяги на крюке составляет:
 - 1) для первой передачи 50742,56 Н,
 - 2) для второй – 26150,48 Н,
 - 3) для третьей – 16224,89 Н,
 - 4) для четвёртой – 9928,1 Н,
 - 5) для пятой – 6491,21 Н;
- з) динамический фактор автомобиля изменяется – от 0,73 до 0,04 , в

том числе:

- 1) на первой передаче – 0,73,
- 2) на второй – 0,38,
- 3) на третьей – 0,23,
- 4) на четвёртой – 0,1,
- 5) на пятой – 0,08» [8].

2.2 Разработка конструкции задней подвески для автомобиля-тягача КамАЗ-65225

2.2.1 Исходные данные

В качестве автомобиля для модернизации выбираем седельный тягач КамАЗ-65225 со следующими техническими характеристиками (рисунок 8).

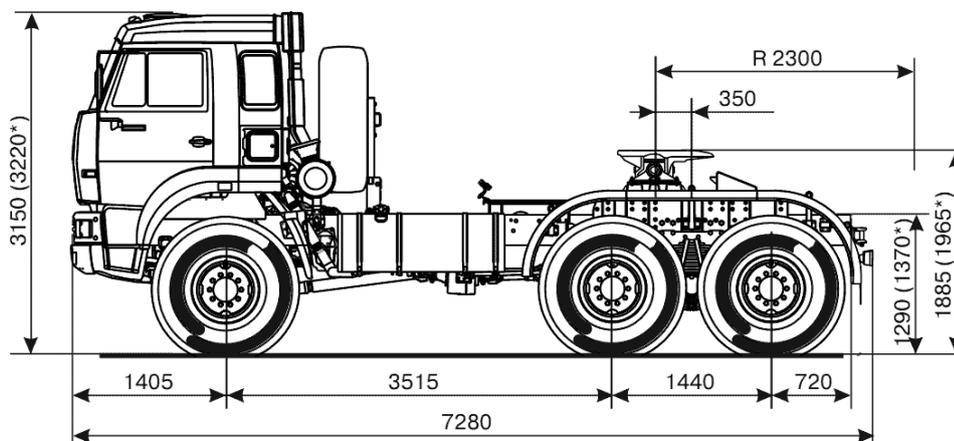


Рисунок 8 – Седельный тягач КамАЗ-65225

Техническая характеристика:

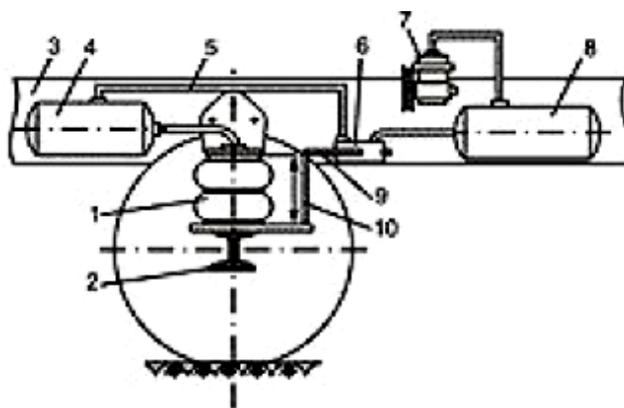
- а) «снаряженная масса, кг 11150;
- б) нагрузка на переднюю ось, кг 5950;
- в) полная масса, кг 28300;
- г) нагрузка на заднюю ось, кг 21400;
- д) полная масса автопоезда, кг 59300;
- е) снаряженная масса кг 5200;

- ж) полная масса, кг 6900;
- з) полная масса полуприцепа, кг 48000;
- и) тип двигателя дизельный
с турбонаддувом, с промежуточным охлаждением наддувочного
воздуха;
- к) максимальная мощность двигателя, кВт (л.с.) 265 (360);
- л) максимальный крутящий момент, Н·м (кг·см) 1570 (160);
- м) расположение и число цилиндров V8;
- н) рабочий объём, л 11,76;
- о) вместимость топливного бака, л 500;
- п) коробка передач механическая, ZF 16S 151;
- р) управление КПП механическое, дистанционное;
- с) передаточные числа на передачах:
 - 1) первая – от 13,80 до 11,54,
 - 2) вторая – от 9,49 до 7,93,
 - 3) третья – от 6,53 до 5,46,
 - 4) четвертая – от 4,57 до 3,82,
 - 5) пятая – от 3,02 до 2,53,
 - 6) шестая – от 2,08 до 1,74,
 - 7) задний ход – от 12,92 до 10,80;
- т) тип колес дисковые;
- у) тип шин пневматические, камерные;
- ф) скорость максимальная, км/ч 80;
- х) внешний габаритный радиус поворота, м 11,50» [6].

2.2.2 Разработка структурной схемы пневматической подвески

«На рисунке 9 показана схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами и автоматическим регулированием положения кузова (спецификация на заднюю подвеску представлена в приложении А). Упругий элемент 1, размещенный между рамой 3 автомобиля и осью 2, соединен с дополнительным резервуаром 4.

Воздухопровод 5 соединяет резервуар с регулятором 6 положения кузова, укрепленным на раме. К регулятору подводится воздух под давлением компрессора 7 через пневмобаллон 8 (спецификация на пневмобаллон представлен в Приложении А). Давление в резервуаре 8 должно быть выше, чем в упругом элементе. Привод к регулятору осуществляется через рычаг 9 и тягу 10 от оси автомобиля. Предположим, что статическая нагрузка на упругий элемент увеличилась. Рама автомобиля опустится ниже, и рычаг регулятора под воздействием тяги 10 повернется по часовой стрелке. При этом откроется впускной клапан регулятора, соединяющий воздухопровод 5 с резервуаром 8, и воздух под давлением начнет поступать в резервуар 4 и упругий элемент 1. Воздух продолжает поступать до тех пор, пока рама автомобиля не поднимется до прежнего положения, вследствие чего рычаг 9 возвратится в прежнее положение и впускной клапан закроется» [8].

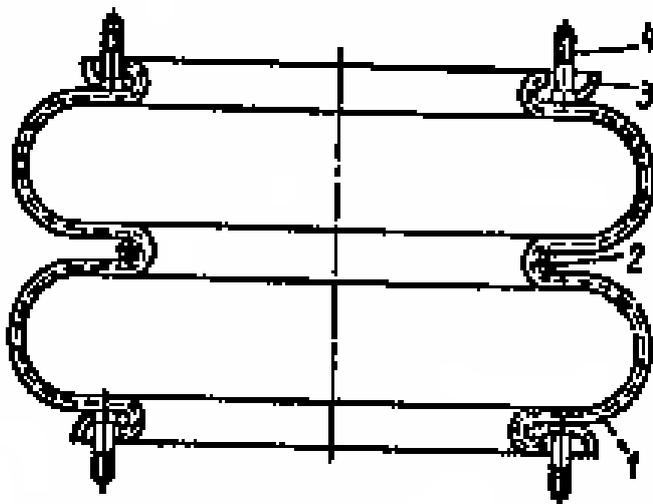


1 – упругий элемент; 2 – ось автомобиля; 3 – рама автомобиля; 4 – воздушный резервуар; 5 – воздухопровод; 6 – регулятор положения кузова; 7 – компрессор; 8 – пневмобаллон

Рисунок 9 – Принципиальная схема пневматической подвески

«Предположим, что статическая нагрузка на упругий элемент уменьшилась. В этом случае рама 3 перемещается вверх, рычаг регулятора поворачивается против часовой стрелки, и открывается выпускной клапан регулятора, соединяющий воздухопровод 5 с атмосферой. Воздух из упругого элемента 1 и его резервуара 4 выходит до тех пор, пока рама 2 не возвратится в прежнее положение и выпускной клапан закроется» [33].

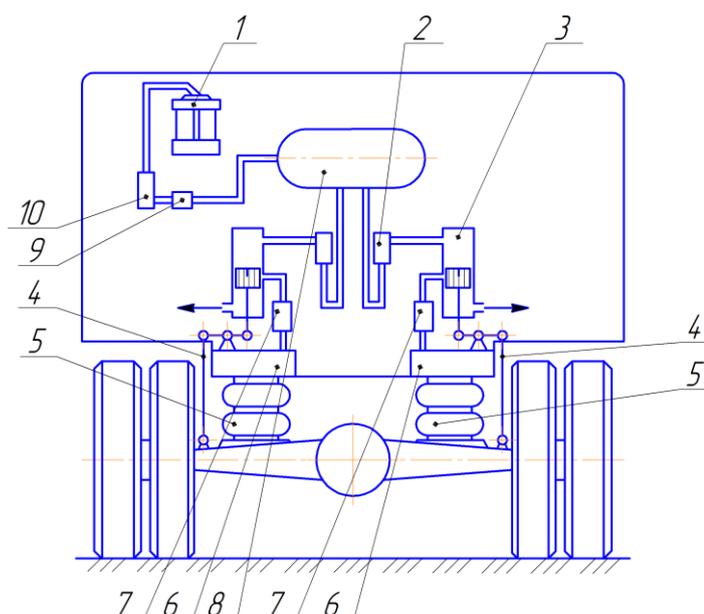
«Пневматические упругие элементы обеспечивают упругие свойства подвески за счет сжатия воздуха. Наиболее распространены пневматические упругие элементы в виде двухсекционных круглых баллонов, рисунок 10. Он состоит из резинокордовой оболочки 1, разделительного кольца 2, прижимных колец 3 и болтов крепления 4. Такие упругие элементы используются часто в автомобилях, у которых нагрузка меняется в широких пределах (автобусы, самосвалы, тягачи)» [8].



1 – резинокордовая оболочка; 2 – разделительное кольцо; 3 – прижимное кольцо;
4 – болт крепления

Рисунок 10 – Пневматический упругий элемент

Схему разрабатываемой конструкции представим в виде рисунка 11. Компрессор 1 нагнетает сжатый воздух в ресивер 8, через фильтр–водомаслоотделитель 10 и регулятор давления 9. Из ресивера воздух поступает в регулятор 3 постоянства высоты кузова. Баллон 5 соединен с дополнительным резервуаром 6, в который поступает воздух в случае увеличения его давления в упругом элементе при сжатии, что повышает мягкость подвески.



1 – компрессор; 2,7 – воздухоочистители; 3 – регулятор; 4 – стойка;
5 – баллон; 6 – дополнительный резервуар; 8 – резервуар; 9 – регулятор давления;
10 – фильтр-водомаслоотделитель

Рисунок 11 – Структурная схема разрабатываемой пневматической подвески

Регулятор 3 постоянства подъема кузова обеспечивает при любой загрузке одно и тоже расстояние между мостом и кузовом. При возрастании нагрузки кузов опускается и, расстояние между ним и мостом уменьшается. Стойка 4 опускает поршень регулятора 3 вниз. Вследствие этого воздух из ресивера 8 проходит в резервуар 6 и в баллон 5, увеличивая в нем давление, в результате чего кузов поднимается до прежнего уровня. При уменьшении нагрузки все происходит наоборот. В регуляторе 3 есть специальное устройство, замедляющее его срабатывание, поэтому регулятор реагирует только на изменение статической нагрузки. Достоинство такой подвески заключается в высокой плавности хода. Неизменность высоты кузова облегчает загрузку и выгрузку, исключает накренение автомобиля при несимметричной загрузке. Но пневматическая подвеска требует установки направляющих устройств.

2.2.3 Расчёт задней разрабатываемой пневматической подвески

В соответствии с техническими характеристиками автомобиля КамАЗ-65225 на устройство седельное при полной загрузке действует масса

21400,0 кг, соответственно на один баллон может действовать нагрузка равная: $21400/4 \cdot 9,8 = 52430,0$ Н.

«Статическая нагрузка на пневматический упругий элемент определяется по формуле:

$$P_c = (P_1 - P_a) \cdot A_3, \quad (26)$$

где P_1 – давление воздуха в упругом элементе в положении статического равновесия, принимаем равным 600,0 кПа

P_a – нормальное атмосферное давление, принимаем равным 100,0 кПа;

A_3 – эффективная площадь в положении статического равновесия, определяется по формуле (27)» [9].

При эффективном диаметре упругого элемента равному 0,405 м. получим:

$$A_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,405^2}{4} = 0,129, \quad (27)$$

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

«Определяем жёсткость упругого элемента в статическом положении:

$$c_v = \frac{n \cdot P_1}{V_1} \cdot A_3^2 + (P_1 - P_a) \cdot \frac{dA_3}{d\Delta y}, \quad (28)$$

где n – показатель политропы, согласно [9] равен 1;

V_1 – объём воздуха в упругом элементе в положении статического равновесия, определяется (3.4)» [9].

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \quad (29)$$

где h – высота пневмобаллона, принимаем равной 0,35 м [9].

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

Тогда:

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

Расчёт показателей устойчивости и управляемости автомобиля-тягача.

«Управляемость автомобиля – одно из важнейших эксплуатационных свойств, определяющих возможность его безопасного движения с большими средними скоростями, особенно на дорогах с интенсивным движением

На управляемость автомобиля оказывают влияние различные конструктивные и эксплуатационные факторы. К ним относятся установка и стабилизация управляемых колес, подвеска и шины, техническое состояние рулевого управления, блокировка колес при торможении, колебания управляемых колес, усилители рулевого управления, кузов автомобиля, квалификация водителя и другое» [10].

«Радиус поворота необходимо считать для автомобиля с колёсами с эластичными колёсами (без прицепа):

$$R_3 = \frac{L}{\operatorname{tg}(\Theta - \delta_1) + \operatorname{tg} \delta_2} = \frac{3600,0}{\operatorname{tg}(30^\circ - 6^\circ) + \operatorname{tg} 4^\circ} = 6990,29 \text{ мм} = 6,99 \text{ м}, \quad (30)$$

где L – база автомобиля, согласно техническим характеристикам автомобиля 3600 мм;

Θ – угол поворота управляемых колёс, $\Theta = 30^\circ = 0,52 \text{ рад.}$ » [11].

С прицепом радиус поворота по внешнему колесу равен 11,50 м.

«При равномерном движении на повороте поперечная составляющая центробежной силы:

$$P_y = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R} = \frac{581140,0 \cdot 1,94^2}{9,81 \cdot 6,99} = 31896,13 \text{ Н} = 31,90 \text{ кН}, \quad (31)$$

где G – вес автомобиля, 581140 Н;

v – скорость автомобиля при совершении манёвра, принимаем равной 7,0 км/ч или 1,94 м/с;

g – ускорение свободного падения» [11].

Центробежная сила для задних колёс составит:

$$P_y = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R} = \frac{52430,0 \cdot 1,94^2}{9,81 \cdot 6,99} = 2877,64 \text{ Н} = 2,88 \text{ кН}.$$

«Весовой стабилизирующий момент равен:

$$M_{CB} = G_k \cdot l_u \cdot \sin \beta_u \cdot \sin \Theta, \quad (32)$$

где G_k – нагрузка на колесо, 52430 Н;

l_u – длина поворотной цапфы, 0,60 м [11];

β_u – угол оси поворота управляемого колеса, принимается от 5 до 10 град.;

Θ – угол поворота управляемых колёс, $30^\circ = 0,52$ рад.» [11].

$$M_{CB} = 52430,0 \cdot 0,60 \cdot \sin 7^\circ \cdot \sin 30^\circ = 1916,88 \text{ Н м}.$$

«Угол увода колеса:

$$\delta_{y\vartheta} = \frac{P_y}{k_{y\vartheta}} = \frac{2,88}{40,0} = 0,072 \text{ рад}, \quad (33)$$

где $k_{y\vartheta}$ – коэффициент сопротивления уводу, принимается в пределах от 15 до 40 кН/рад» [10].

Величина угла увода колес приблизительно равно 4 град.

«Колебания управляемых колёс должны быть высокой частоты, превышающей 10 Гц, с амплитудой не более 2,0°. Они происходят в пределах упругих шин и рулевого привода. Эти колебания не передаются водителю и не приводят к нарушению управляемости автомобиля, так как поглощаются в рулевом управлении. Колебания низкой частоты необходимо устранять» [11].

«Скоростной стабилизирующий момент:

$$M_{CC} = R_y \cdot r_k \cdot \sin \gamma_{ш}, \quad (34)$$

где R_y – поперечная реакция дороги на переднюю и заднюю ось автомобиля при равномерном движении на повороте, Н:

r_k – радиус колеса, равняется 0,48 м;

$\gamma_{ш}$ – угол продольного наклона, принимаем в пределах от 0 до 3,5 град.» [10, 11].

$$M_{CC} = 31896,13 \cdot 0,48 \cdot \sin 3,5^\circ = 934,66 \text{ Н м.}$$

Для заднего колеса:

$$M_{CC} = 2877,64 \cdot 0,48 \cdot \sin 3,5^\circ = 84,32 \text{ Н м.}$$

«Упругий стабилизирующий момент, создаваемый шиной:

$$M_{cy} = P_{\sigma} \cdot b, \quad (35)$$

где P_{σ} – результирующая боковых сил, 31896,13 Н;

b – плечо действия результирующей боковых сил, 0,300 м» [11].

$$M_{cy} = 31896,13 \cdot 0,300 = 9568,84 \text{ Н м.} \quad (36)$$

Для одного заднего колеса:

$$M_{cy} = 2877,64 \cdot 0,300 = 863,29 \text{ Н м.}$$

«Критическая скорость по боковому скольжению (заносу) определяется по формуле:

$$v_3 = 3,6 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y}, \quad (37)$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления, принимаем 0,50» [10].

$$v_3 = 3,6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 6,99 \cdot 0,50} = 21,08 \text{ м/с.}$$

«Критическая скорость по опрокидыванию:

$$v_0 = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{ц}}} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 6,99 \cdot 2,40}{2 \cdot 1,20}} = 19,25 \text{ м/с,} \quad (38)$$

где B – ширина колеи автомобиля, принимаем 2,40 м;

$h_{ц}$ – высота центра тяжести, принимаем 1,20 м» [11].

Критический угол поперечного уклона дороги по скольжению:

$$\beta_3 = \arctg \varphi_y = \arctg 0,40 = 21,80^\circ . \quad (39)$$

Критический угол поперечного уклона дороги по опрокидыванию:

$$\beta_0 = \arctg \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}} = \arctg \frac{2,40}{2 \cdot 1,20} = 45,0^\circ . \quad (40)$$

Коэффициент поперечной устойчивости:

$$\eta_{\text{п}} = \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}} = \frac{2,40}{2 \cdot 1,20} = 1,0^\circ . \quad (41)$$

При определении продольной устойчивости автопоезда обратимся к рисунку 12.

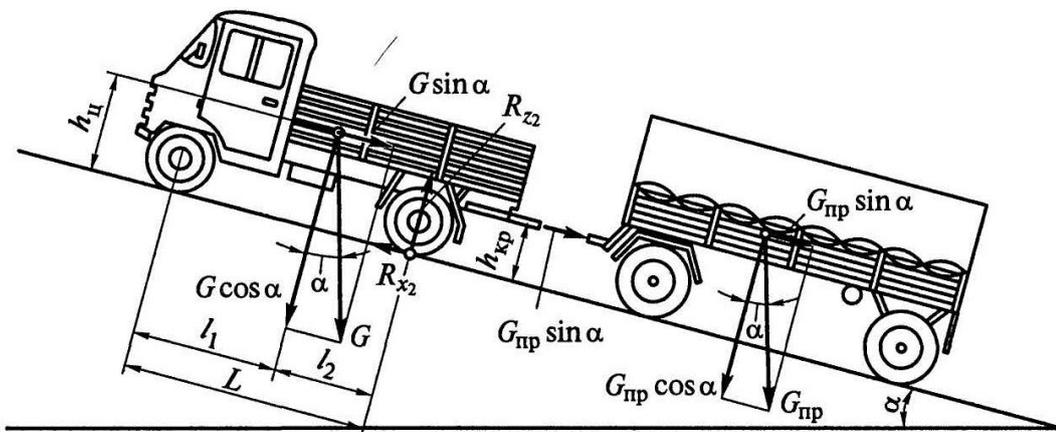


Рисунок 12 – Движение автопоезда на подъеме

«Из условий равновесия автомобиля-тягача следует:

$$R_{z2} = \frac{(G h_{\text{ц}} + G_{\text{п}} \cdot h_{\text{кр}}) \sin \alpha + G \cos \alpha l_1}{L} , \quad (42)$$

$$R_{x2} = (G + G_{\text{п}}) \sin \alpha , \quad (43)$$

где $G_{\text{п}}$ – вес прицепа, Н;

h_{KP} – высота расположения крюка буксирного устройства;

α – угол подъема» [11]

Максимальное значение касательной реакции дороги R_{X2} ограничено сцеплением колес с дорогой:

$$R_{X2} \leq \varphi_X \cdot R_{Z2}, \quad (44)$$

$$tg\alpha_6 = \frac{\varphi_X \cdot Gl_1}{G \cdot (L - \varphi_X \cdot h_{Ц}) + G_{ПП} \cdot (L - \varphi_X \cdot h_{ПП})}. \quad (45)$$

Итак, для проектируемого автомобиля критический угол равен:

$$tg\alpha_6 = \frac{0,25 \cdot 277340 \cdot 2,5}{277340 \cdot (3,6 - 0,4 \cdot 1,2) + 303800 \cdot (3,6 - 0,4 \cdot 2,2)} = 0,1024.$$

$$\alpha_6 = arctg 0,1024 = 5,85^\circ.$$

«Колебания автомобиля характеризуются следующими параметрами:

- частота колебаний, ω , с;
- период колебаний, T , с;
- амплитуда колебаний, A , см, м;
- скорость колебаний, V_k , см/с, м/с;
- ускорение колебаний, j_k , см/с², м/с²» [31].

«Частота свободных колебаний, поддресоренных масс определяется по зависимости:

$$\omega_H = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}} \approx \frac{1}{2 \cdot \sqrt{f_{CT}}}, \quad (46)$$

$$f_{CT} = \frac{G}{C}, \quad (47)$$

где C – жесткость передней подвески» [11].

Делаем расчёт для одного баллона с жёсткостью 322,0 кг/см. Принимаем, что на один пневмобаллон при статическом нагружении приходится при самой большой нагрузке приходится 52430 Н [12].

$$f_{ст} = \frac{5350}{322} = 16,61 \text{ см} = 0,166 \text{ м}.$$

$$\omega_H = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{f_{ст.}}} \approx \frac{1}{2 \cdot \sqrt{0,166}} = 1,23 \text{ с}^{-1}.$$

«Частота колебаний неподрессоренных масс:

$$\omega_B = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{\sum C_{ш.}}{m_M}}, \quad (48)$$

где $\sum C_{ш.}$ – суммарная жесткость шин данного моста, Н/м» [11].

$$m_M = \frac{0,10 \cdot M_0}{2} = \frac{0,10 \cdot 10700,0}{2} = 535,0 \text{ кг} = 5243,0 \text{ Н}. \quad (49)$$

Принимаем из [10] $\omega_B = 6,0 \text{ с}^{-1}$.

«Помимо свободных, автомобиль совершает и вынужденные колебания, вызываемые неровностями дороги. Частота этих колебаний, определяется из выражения:

$$\omega_{вын.} = \frac{V_a}{S}, \quad (50)$$

где V_a – скорость движения автомобиля, м/с;

S – длина волн неровностей, на дорогах с твердым покрытием принимаем равным от 0,5 до 5,0 м» [13].

$$\omega_{\text{вын.}} = \frac{22,22}{0,50...5,0} = 4,44...44,44 \text{ с}^{-1}.$$

«Период колебания груза на пневмобаллоне можно рассчитать по формуле:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k} \cdot 0,01}, \quad (51)$$

где m – масса, кг;

k – жёсткость баллона, кг/см» [11].

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{5243,0}{322,0} \cdot 0,01} = 2,53 \text{ с.}$$

Частота колебаний определится из уравнения:

$$\omega_H = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,53} = 0,40 \text{ с}^{-1}. \quad (52)$$

«Скорость колебаний можно выразить уравнением:

$$V_K = x \cdot \omega, \quad (53)$$

где ω – круговая частота, принимаем равным $2,51 \text{ с}^{-1}$;

x – координата точки при максимальной амплитуде, $0,30 \text{ м}$ » [11].

$$V_K = 0,30 \cdot 2,51 = 0,75 \text{ м/с.}$$

Ускорение колебаний можно выразить уравнением:

$$j_K = x \cdot \omega^2 = 0,30 \cdot 2,51^2 = 1,89 \text{ м/с}^2. \quad (54)$$

Расчёт гасящего элемента подвески.

В качестве гасителей колебаний будем использовать газонаполнительный амортизатор.

«Амортизатор верхней проушиной прикреплен к кронштейну рамы, а нижней – к кронштейну рычага. Принцип действия гидравлических амортизаторов заключается в следующем. При относительных перемещениях подрессоренных и неподдресоренных частей автомобиля имеющаяся в амортизаторе жидкость, перетекая из одной полости в другую через небольшие отверстия, оказывает сопротивление вертикальному перемещению штока и гасит колебания рессор» [32].

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

$$P_c = K_{\text{э}} \cdot V, \quad (55)$$

где $K_{\text{э}}$ – эквивалентный коэффициент, оценивающий сопротивление подвески колебаний и в основном зависящий от коэффициента сопротивления амортизатора, определяется по формуле (56).

$$K_{\text{э}} = \frac{\psi \cdot P_p}{31,3 \cdot \sqrt{f_{\text{ст}}}}, \quad (56)$$

где $f_{\text{ст}}$ – статический прогиб подвески, принимаем 0,166 м (16,61 см);

P_p – вес подрессорной части, приходящейся на колесо в статическом положении, 52430 Н» [12].

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

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

2.2.4 Расчёт стабилизатора поперечной устойчивости

«Нагрузка на стабилизатор поперечной устойчивости определяется моментом закручивания вала стабилизатора:

$$M_{KP} = (R_Z - g_k) \cdot l, \quad (57)$$

где R_Z – приложенная нагрузка, равняется 52,43 кН;

g_k – вес неподрессоренных масс, равняется 2812,5 Н;

l – длина поворотной цапфы, 0,300 м» [8];

Подставляем значения в формулу (57) и получаем:

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

«Угол закручивания вала круглого стабилизатора поперечной устойчивости:

$$\theta^1 = \frac{32 \cdot M_{KP} \cdot l_T}{\pi \cdot d_{CT}^4 \cdot G}, \quad (58)$$

где l_T – рабочая длина стабилизатора, 1,60 м;

d_{CT} – диаметр стабилизатора, 0,030 м;

G – модуль упругости Юнга, $2 \cdot 10^{11}$ Н/м²» [11].

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

Напряжение кручения вала стабилизатора поперечной устойчивости:

$$\tau_{KP} = \frac{16 \cdot M_{KP}}{\pi \cdot d_{CT}^3} = \frac{16 \cdot 14885,25}{3,14 \cdot 0,030^3} = 280,92 \text{ МПа} < 800 \dots 1000 \text{ МПа.} \quad (59)$$

2.2.6 Расчёт сварного шва крепления кронштейна к верхней крышке пневмобаллона

Для данного случая (рисунок 13) составим расчетную схему таврового соединения крепления кронштейна к крышке пневмобаллона.

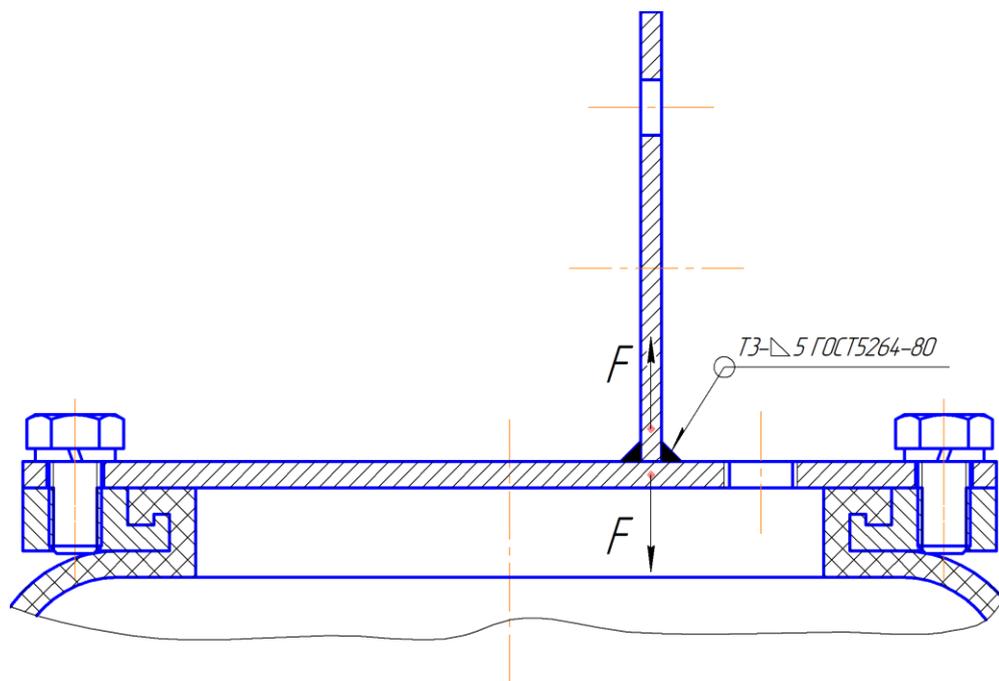


Рисунок 13 – Расчётная схема сварного шва крепления кронштейна к верхней крышке пневмобаллона

«Условие прочности соединения, показанного на рисунке 13, имеет вид:

$$\tau = \frac{F}{0,70 \cdot k \cdot b \cdot 2} \leq [\tau^1], \quad (60)$$

где F – сила нагружения, 52430 Н;

k – катет шва, принимаем равным 5,0 мм = 0,005 м;

b – длина шва, равен 0,192 м» [13].

$$\tau = \frac{F}{0,70 \cdot k \cdot b \cdot 2} \leq [\tau^1], \quad (61)$$

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

Вывод по разделу.

В ходе выполнения раздела конструкторской части был проведен тягово-динамический расчет и построена внешняя скоростная характеристика автомобиля, график разгона и ускорений, проведен расчет топливной экономичности автомобиля и проведен анализ свойств проектируемого автомобиля.

Также была составлена компоновочная схема задней подвески, осуществлена разработка конструкции задней подвески и проведен расчет основных элементов подвески (гасящий элемент, стабилизатор поперечной устойчивости), а также прочностной расчет сварного шва крепления кронштейна к верхней крышке пневмобаллона.

3 Разработка технологического процесса ТО и Р модернизированной подвески тягача

3.1 Операции технического обслуживания модернизированной подвески тягача

«Характеристика подвески влияет на множество эксплуатационных качеств автомобиля: плавность хода, комфортабельность, устойчивость движения, долговечность, как самой машины, так и целого ряда ее узлов и деталей. В тяжелых дорожных условиях именно возможности подвески, а вовсе не мощность двигателя, определяют средние и максимальные скорости движения» [13].

«Подвеска проектируемого (грузового) автомобиля состоит из трех основных узлов:

- упругие элементы, воспринимающие динамические нагрузки между кузовом или рамой автомобиля и дорожным полотном;
- элементы, гасящие колебания подвески;
- узел, отвечающий за стабилизацию автомобиля относительно плоскости дороги» [8].

«Пневмоподвеска широкое распространение в Европе и США получила лет 30...40 назад. Главное ее преимущество по сравнению с рессорной в меньшем весе, ее расходные материалы дешевле, и грузовик имеет лучшую плавность хода. Заводская цена грузовика с пневмоподвеской выше, чем машины с рессорной, но замена подушки в процессе эксплуатации дешевле, чем целой рессоры. Кроме того, грузовики с пневмоподвеской меньше разбивают асфальт дорог, поэтому магистральные тягачи чаще всего комплектуются пневмобаллонами. Правда, есть голландские производители тяжелой строительной техники Terberg и Glnaf, которые активно применяют пневмоподвеску собственной конструкции на самосвалах» [14].

«При ежедневном техническом обслуживании выполняются следующие операции:

- осмотреть автомобиль (прицеп, полуприцеп), выявить наружные повреждения и проверить его комплектность;
- проверить внешним осмотром состояние пневмоэлементов подвески (герметичность по падению давления);
- проверить работу агрегатов пневмоподвески;
- проверить компрессор: визуально внешнее состояние, работу на слух и создаваемое давление по штатному манометру;
- вымыть и высушить элементы подвески;
- при постановке автомобиля на стоянку слить конденсат из водоотделителя, воздушных баллонов пневмоподвески» [16].

При техническом обслуживании выполняются следующие операции:

- проверить осмотром герметичность соединений и состояние картера заднего моста (два моста);
- проверить состояние и крепление редуктора заднего моста и колесных передач;
- проверить крепление гайки фланца ведущей шестерни главной передачи (при снятом карданном вале);
- закрепить фланцы полуосей;
- проверить крепление воздушных баллонов;
- проверить правильность расположения (отсутствие перекосов) заднего (среднего) моста, состояние рамы, буксирного устройства, крюков, подвески, шкворня опорно-сцепного устройства;
- проверить крепление хомутов, стремянок и амортизаторов, реактивных штанг. При необходимости заменить втулки на амортизаторах;
- отрегулировать подшипники ступиц колес;

- проверить состояние колесных дисков и крепление колес, состояние шин и давление воздуха в них. Удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторе. Проверить крепление запасного колеса;
- промыть фильтрующий элемент воздушного фильтра компрессора; заменить в нём масло;
- слить конденсат из баллонов пневматического привода подвески;
- проверить после обслуживания работу агрегатов, узлов и приборов автомобиля на ходу или на диагностическом стенде;
- проверить крепление узлов и деталей пневматической подвески и стабилизатора поперечной устойчивости.

При сезонном обслуживании выполняются все операции регламентированные ТО-2.

3.2 Оборудование для диагностики подвески

Рассмотрим предложенные на рынке стенды для проверки подвески.

«Стенд проверки подвески СПП-2500 (рисунок 15) предназначен для контроля состояния подвески транспортного средства [12].

Технические характеристики стенда проверки подвески СПП-2500 представлены в таблице 8.



Рисунок 15 – Стенд проверки подвески СПП-2500

Таблица 8 – Технические характеристики стенда проверки подвески

Наименование параметра	Значение
«Амплитуда колебания, мм, не более	± 3
Частота колебания, Гц, не более	23
Осевая нагрузка, кг, не более	2500
Мощность двигателя кВт, не более	2×1,5
Ширина колеи, мм	800-2300
Габаритные размеры стенда, мм, не более	2460×480×355
Масса, кг, не более	290» [12].

«Стенд проверки подвески представляет собой платформу, состоящую из двух испытательных площадок, каждая из которых соединена с эксцентриковым валом.

Стенд отслеживает силу, с которой колесо автомобиля воздействует на платформу. Испытания производятся сначала на неподвижной платформе, а затем в процессе затухающих колебаний, начиная с частоты 23 Гц.

По результатам тестирования компьютер вычисляет коэффициент давления колеса на опорную поверхность, выраженный в процентах. Он равен отношению минимальной нагрузки во время колебаний к нагрузке на неподвижную платформу.

При коэффициенте: более или равном 45 % – подвеска обеспечивает достаточное гашение колебаний; менее 45 %, но более 25 % – слабое гашение колебаний; меньше 25% – недостаточное гашение колебаний.

Предельно допустимая относительная разность коэффициентов для колес одной оси составляет 0,15» [19].

Диагностическая линия NTS 800 ST (рисунок 16) – комплектация для диагностики подвески. Состоит из: компьютерной стойки и тестера подвески EUSAMA со встроенной функцией поиска шумов.

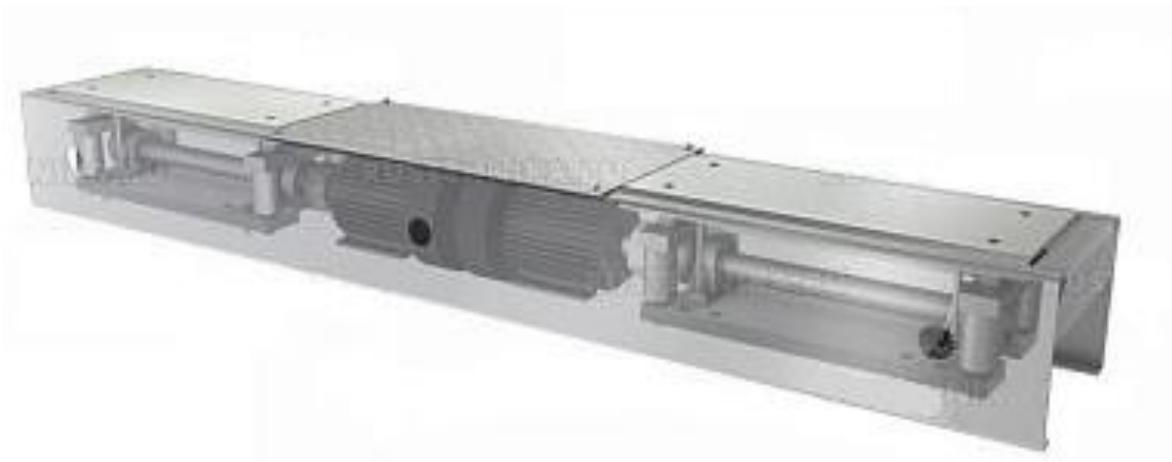


Рисунок 16 – Диагностическая линия NTS 800 ST

Технические характеристики диагностической линии NTS 800 ST представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики диагностической линии

Наименование параметра	Значение
«Грузоподъемность, т/ось	2
Амплитуда колебаний, +/- мм	3
Частота, Гц	25-0
Мощность двигателя, не более кВт	2×2,5» [13].

Особенности:

- оцинкованное исполнение роликовой секции, тестера подвески, тестера увода;
- моторы во влагозащищенном исполнении (IP54);
- следящий ролик обеспечивает своевременное отключение стенда при начале проскальзывания колеса и предотвращает выбрасывание автомобиля с роликовой секции;
- привод роликов с механической блокировкой червячным редуктором облегчает съезд с тормозного стенда;
- высокоточные и надежные тензометрические датчики;
- русскоязычное ПО для сопровождения процесса диагностики, печати и хранения результатов испытаний.

Комплектация:

- компьютерная стойка Visio для управления работой стенда, сбора результатов диагностики, печати протокола и графиков, пульт ДУ;
- тормозной роликовый стенд, нагрузка на ось 3 т, 5 кН на колесо, на выбор корундовые или сварные ролики.
- диагностируемая колея от 800 до 2200 мм;
- тестер подвески Eusama (вибростенд) для диагностики безопасности подвески;
- тестер увода для оценки увода автомобиля от прямолинейного движения;
- дооснащение 4WD для диагностики полноприводных автомобилей.

«Тестер подвески (EUSAMA) с тестером поиска шумов с индивидуальной регулировкой частоты на одном или одновременно двух колесах одной оси.

По методу EUSAMA колесо устанавливается на платформу, которая колеблется с амплитудой 3 мм (вверх/вниз), и с частотой от 3 до 25 Гц. В течение измерений определяется наименьший динамический вес (поэтому тестеры подвески имеют взвешивающее устройство и при комплектации диагностической линии тормозной стенд может не комплектоваться взвешивающим устройством). Далее определяется коэффициент EUSAMA, а именно наименьший динамический вес делится на статический вес и умножается на 100%. Данный коэффициент сравнивается с коэффициентом, полученным при испытании новых машин. И делается вывод о состоянии подвески. Существует и опция к тестеру подвески – так называемый модуль шумов. С его помощью мы можем варьировать частоту колебаний платформ и при появлении шума, на какой-то определенной частоте мы её фиксируем. По звуку мы можем определить источник шума с последующим необходимым ремонтом.

Метод EUSAMA определяет больше состояние всей подвески в сборе.

Тестеры подвески могут входить в состав линии инструментального контроля, или использоваться отдельно. Пока ГОСТом не регламентируется расчет и метод определения коэффициентов состояния подвески» [20].

Как альтернативу можно поставить BOGE или ТНЭТА-тестер.

Тестер BOGE показывает зависимость поглощения колебаний подвески от статических воздействий. Тестер ТНЭТА измеряет физические значения поглощения колебаний.

Так как не существует predetermined оценочных значений для теста подвески, все три метода существуют параллельно

Комплексы измерительные для диагностирования тормозной системы и подвески автомобилей серии SDL модели 260, 410, 430 (рисунок 17), 435, 510 (далее измерительный комплекс) предназначены для комплексного диагностирования узлов подвески и тормозных систем автомобиля по следующим параметрам: измерения тормозной силы, измерения осевой массы автомобилей, измерения бокового увода колеса и измерения усилий, прикладываемых к органам управления тормозными системами.

Комплекс измерительный может быть использован на автотранспортных предприятиях, автомобильных заводах, станциях технического обслуживания, пунктах ГТО и диагностических центрах.



Рисунок 17– Стенд SDL 4330 S40

Технические характеристики стенда SDL 4330 S40 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики стенда SDL 4330 S40

Наименование параметра	Значение
Допустимая нагрузка при испытании, т	2,5
Допустимая перегрузка, т	4
Размеры (Ш×Д×Г), мм	2360×660×250
Диаметр ролика, мм	205
Ширина ролика, мм	70
Возвышение ролика, мм	25
Тип дисплея	Аналоговый
Номинальный диапазон измерения, кН	от 0 до 8

Основой измерительного комплекса для диагностирования тормозной системы и подвески автомобилей является центральный блок обработки и отображения измерительной информации.

К центральному блоку обработки и отображения измерительной информации могут подключаться следующие измерительные блоки:

- устройства для измерений тормозной силы и проверки эффективности тормозов автотранспортных средств серии BSA;
- устройства для измерений бокового увода колеса автомобиля (динамических измерений отклонений движения колес автомобиля от прямолинейного движения) SDL410 или SDL510;
- устройства для диагностирования подвески и измерений массы, приходящейся на колесо автомобиля SDL430, SDL435;
- устройство для измерений усилий, прикладываемых к органам управления тормозными системами BFB3100, BSA100.

Устройство для диагностирования подвески и измерений массы приходящейся на колесо представляет собой две горизонтальные платформы, которые совершают вертикальные возвратно-поступательные движения. При наезде колеса на платформу регистрируется масса, приходящаяся на колесо автомобиля. Затем платформа приводится в колебательное движение с

заданной частотой и амплитудой. При этом измеряется минимальная нагрузка на измерительную платформу, на которую установлено колесо. Состояние подвески автомобиля определяется по отношению минимальной зафиксированной нагрузки к первоначально измеренной.

Конструктивно комплексы измерительные выполнены в виде приборной стойки, в которой находятся: центральный блок обработки и отображения измерительной информации, к которому присоединяются измерительные устройства (серий BSA и SDL), вмонтированные в пол.

3.3 Разработка операционно-технологической карты

«Технологический процесс технического обслуживания представляет собой совокупность операций по соответствующим воздействиям, которые выполняются в определенной последовательности с помощью различного инструмента, приспособлений и других средств механизации с соблюдением технических требований (технических условий).

Технологический процесс технического обслуживания оформляется в виде операционно-технологической или постовой технологической карты.

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

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

В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81» [23].

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

Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ технического обслуживания;
- специализированный пост зоны технического обслуживания (постовая карта);
- специализированное переходящее звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию технического обслуживания;
- операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место)» [30].

Технологическая карта ТО-1 модернизируемой подвески представлена на листе графической части.

Выводы по разделу.

В данном разделе работы представлен обзор операций, требуемых для осуществления технологического обслуживания модернизированной подвески грузового автомобиля (тягача), представлен перечень оборудования для проведения диагностики и обслуживания подвески, а также разработана технологическая карта проведения технического обслуживания (ТО-1) модернизируемой подвески.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса обслуживания задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются:

- рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений;
- рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии;
- рациональная организация рабочих мест;
- изоляция производственного процесса;

- улучшение технологии производства;
- механизация, автоматизация, защита работающих, организационно-массовые мероприятия» [17].

«Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм обычно снижаются» [26].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности» [27].

В таблице 11 представлен паспорт безопасности при обслуживании задней подвески.

Таблица 11 – Паспорт безопасности при обслуживании задней подвески

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
Обслуживание задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53	1. Установка автомобиля на пост. 2. Проверка затяжки стремянок. 3. Проверка резинометаллических шарниров 4. Подтянуть крепления амортизаторов. 5. Проверить	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые; – накидные; – с трещоткой. Отвертки по размеру крепежных элементов: – плоские; – крестообразные	Защитные хлопчатобумажные перчатки, очки, спецодежда, спецобувь, Литол-24

Продолжение таблицы 11

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
	компрессор, состояние приборов пневмоподвески. 6. Смазать все узлы трения. 7. Проверить исправность пневмобаллонов 8. Снятие автомобиля с поста.			

4.2 Определение профессиональных рисков

Профессиональные риски – это риски, при которых возникает вероятность нанесения ущерба работнику при выполнении им своих прямых профессиональных обязанностей. Для многих профессий риски могут быть схожими между собой, но в не некоторых случаях они существенно отличаются. При описании рисков необходимо учитывать специфику работы.

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при обслуживании задней подвески представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1. Установка автомобиля на пост. 2. Проверка затяжки	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Части автомобиля

Продолжение таблицы 12

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
стремянок. 3. Проверка резинометаллических шарниров 4. Подтянуть крепления амортизаторов. 5. Проверить компрессор, состояние приборов пневмоподвески. 6. Смазать все узлы трения. 7. Проверить исправность пневмобаллонов 8. Снятие автомобиля с поста	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего транспорта
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Электроинструмент, станки
	Повышенный уровень шума	Электроинструмент, станки
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции» [29].	

4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от

установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [27].

Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;

- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) Российской Федерации» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [27].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием» [23].	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [27].
«Возможность поражения электрическим током»	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [25].
«Отсутствие или недостаток естественного света»	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [26]	

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26]. 	–
Монотонность труда, вызывающая монотонию	<ul style="list-style-type: none"> – расширение круга обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда; – обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение 	–

4.4 Пожарная безопасность

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [27].

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей;

- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу» [27].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании задней подвески представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при обслуживании задней подвески

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [27].
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [28].
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [27].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [29].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [15].
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [28].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса обслуживания задней подвески

Сводная информация по идентификации экологических факторов представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Идентификация экологических факторов

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Обслуживание задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53	«Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей» [2].	Не обнаружено	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [29].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании задней подвески

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53 на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	«Контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22]	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс обслуживания задней подвески (таблица 11);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе обслуживания задней подвески (таблица 12) и определены пути их снижения (таблица 13);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания задней подвески (таблицы 14, 15);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса обслуживания задней подвески (таблица 16).

5 Экономическая эффективность проекта

«Рассчитаем затраты на изготовление модернизированной подвески по формуле (62):

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (62)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [18]

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле (63):

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (63)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимаем 150,0 р./кг» [27].

$$C_{\text{к.д}} = 100 \cdot 150 = 15000 \text{ р.}$$

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (64):

$$C_{\text{о.д}} = C_{\text{прн}} \cdot C_{\text{м}}, \quad (64)$$

где $C_{ПРН}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.

$$C_{ПРН} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (65)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч.;

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, 1,025...1,03» [18].

$$C_{ПРН} = 20 \cdot 43 \cdot 1,03 = 885,8 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (66):

$$C_D = \frac{(5...12) \cdot C_{np}}{100}, \quad (66)$$

$$C_D = \frac{10 \cdot 885,8}{100} = 88,86 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (67):

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot (C_{np} + C_D)}{100} \quad (67)$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot (885,8 + 88,86)}{100} = 292,4 \text{ р.},$$

«Рассчитываем стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей по формуле (68):

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (68)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [27].

$$C_M = 160 \cdot 100 = 16000 \text{ р.}$$

$$C_{O.D} = 885,8 + 88,86 + 292,4 + 16000 = 17267,06 \text{ р.}$$

«Рассчитываем полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке по формуле (69):

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (69)$$

где $C_{СБ}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – отчисления соцстраху рабочих, р.» [27].

«Рассчитываем основную заработную плату рабочих, занятых на сборке по формуле (70):

$$C_{СБ} = T_{СБ} \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (70)$$

где $T_{СБ}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{СБ} = k_c \cdot \sum t_{c.б}, \quad (71)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч., по справочным данным принимаем равным 7,0 чел.-ч.

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [27].

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 7 = 8,75 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 8,75 \cdot 43 \cdot 1,03 = 387,54 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 387,54 = 38,75 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (387,54 + 38,75) = 127,89 \text{ р.},$$

$$C_{сб.п} = 387,54 + 38,75 + 127,89 = 554,18 \text{ р.}$$

«Рассчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления по формуле (72):

$$C_{OH} = \frac{C'_{PP} \cdot R_{OH}}{100}, \quad (72)$$

где C'_{PP} – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, р.;

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [27].

$$C'_{PP} = C_{PP} + C_{сб.п}. \quad (73)$$

$$C'_{PP} = 885,9 + 387,54 = 1273,34 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{1273,34 \cdot 40}{100} = 509,34 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты по статье «материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Болт	шт.	8	20	160
Шайба	шт.	5	20	100
Гайка	шт.	5	16	80
Баллон	шт.	1600	2	3200
Итого:	–	–	–	3540

$$C_{п.д} = 160 + 100 + 80 + 3200 = 3540 \text{ р.}$$

Далее рассчитываем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости конструкторской разработки.

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции по формуле (65):

$$C_{кон} = 15000 + 17267,06 + 554,18 + 509,34 + 3540 = 36870,58 \text{ р.}$$

Как видно из расчетов, общие затраты на изготовление конструкции равны 36870,58 р. для одной стороны, стоимость комплекта составит 82958,81 р.

Рассчитываем годовую экономию от снижения себестоимости при внедрении конструкции по формуле (74):

$$\mathcal{E}_T = (T_C - T_H) \cdot 12 \cdot C_q + \mathcal{E}_K, \quad (74)$$

где « T_C – среднемесячная трудоемкость при старой технологии, чел.-ч;

T_H – среднемесячная трудоемкость при новой технологии, чел.-ч;

\mathcal{E}_K – экономия денежных средств при использовании конструкции;

12 – количество месяцев в году;

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по 4-у разряду, 91,4 р./ч.»

[27].

Экономия денежных средств достигается за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости при применении новой технологии и как следствие снижение трудоёмкости приводит к экономии денежных средств.

$$\mathcal{E}_T = (8 - 6) \cdot 12 \cdot 91,4 + (120000 - 82958,81) = 39234,79 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (75):

$$O_{OK} = \frac{C_{KOH}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (75)$$

$$O_{OK} = \frac{82958,81}{39234,79} = 2,11 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (79):

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{KOH}, \quad (76)$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 39234,79 - 0,15 \cdot 82958,81 = 26790,96 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	120000,0	82958,81
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.-ч.	8,0	6,0
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	-	39234,79
Годовой экономический эффект	руб.	-	26790,96
Срок окупаемости	год.	-	2,11

Выводы по разделу.

Анализируя проведенные расчеты экономической эффективности проекта, делаем вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости, составляет 39234,79 р., а срок окупаемости равен 2,11 года, что допустимо для данной конструкции задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53.

Заключение

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53».

В результате выполнения работы было сделано следующее:

- а) выявлены основные технические требования к подвеске седельного тягача;
- б) произведён обзор существующих конструкций подвесок автомобилей категории N3;
- в) выполнен тягово-динамический расчет грузового автомобиля КамАЗ-65225-53 и построены соответствующие графики:
 - 1) внешняя скоростная характеристика,
 - 2) мощностной баланс,
 - 3) тяговый баланс автомобиля,
 - 4) разгона и ускорений,
 - 5) топливной экономичности;
- г) предложена собственная структурная схема задней пневматической подвески автомобиля категории N3;
- д) представлены сборочные и рабочие чертежи разработанной подвески;
- е) проведены основные прочностные расчёты элементов конструкции модернизированной задней подвески;
- ж) разработаны мероприятия производственной и экологической безопасности для технологического процесса обслуживания задней подвески грузового автомобиля КамАЗ-65225-53;
- з) определена экономическая эффективность разработанной пневмоподвески для седельного тягача КамАЗ. Стоимость изготовления конструкторской разработки составляет 82958,81 руб., годовая экономия – 39234,79 руб., а срок окупаемости – 2,11 года.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
3. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
6. Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
7. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
8. Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
9. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
10. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
11. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие

/ Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.

12. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

13. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

14. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

15. Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина [и др.] ; под ред. Н. И. Иванова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2004. - 518 с.

16. Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

17. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.

18. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

19. Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация [Текст] : материалы международной научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского центра "МашиноСтроение" [и др.] ; главный редактор Жуков Иван Алексеевич]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 2018-. - 21 см. № 2. - 2019. - 157 с.

20. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

21. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.

22. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
23. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
24. Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.
25. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
26. Феодосьев В.И. «Сопротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
27. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
28. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
29. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] с.
30. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
31. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
32. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
33. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
34. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификации

		Формат		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание		
		Зона								
Перв. примен.						<i>Документация</i>				
		A4			21.ДП.ПЭА.152.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
		A1			21.ДП.ПЭА.152.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	2			
						<i>Сборочные единицы</i>				
		Сл. №				1	21.ДП.ПЭА.152.61.01.000	Рама	1	
						2	21.ДП.ПЭА.152.61.02.000	Амортизатор	2	
				A2		3	21.ДП.ПЭА.152.61.03.000	Баллон	2	
						4	21.ДП.ПЭА.152.61.04.000	Дополнительный баллон	2	
						5	21.ДП.ПЭА.152.61.05.000	Задний мост	2	
						6	21.ДП.ПЭА.152.61.06.000	Кронштейн	2	
						7	21.ДП.ПЭА.152.61.07.000	Рычаг	2	
				8	21.ДП.ПЭА.152.61.08.000	Кронштейн баллона	2			
				9	21.ДП.ПЭА.152.61.09.000	Хомут	4			
				10	21.ДП.ПЭА.152.61.10.000	Кронштейн амортизатора	2			
Подп. и дата				11	21.ДП.ПЭА.152.61.11.000	Трубопровод	2			
						<i>Детали</i>				
					12	21.ДП.ПЭА.152.61.00.012	Стремянка	4		
						<i>Стандартные изделия</i>				
					13		Болт М20х1,0-150 ГОСТ 15589-70	4		
					14		Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70	4		
					15		Гайка 20х1,0 ГОСТ 15526-70	4		
					16		Шайба №20 ГОСТ 9649-78	4		
		Инв. № подл.					21.ДП.ПЭА.152.61.00.000			
Изм.	Лист			№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Плешаков						Лит.	Лист	Листов	
Проб.	Епишкин								1	
Консул.	Епишкин				Подвеска задняя					
Н.контр.					ТГУ, ИМ,					
Утв.	Баборовский				гр. АТС-16018					

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на задней подвески

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Изм.	Лист	
				<i>Документация</i>					
A2			21.ДП.ПЭА.152.61.03.000.СБ	Сборочный чертёж	1				
				<i>Сборочные единицы</i>					
				<i>Детали</i>					
A4	1		21.ДП.ПЭА.152.61.03.001	Крышка верхняя	1				
	2		21.ДП.ПЭА.152.61.03.002	Крышка нижняя	1				
A3	3		21.ДП.ПЭА.152.61.03.003	Корпус баллона	1				
A4	4		21.ДП.ПЭА.152.61.03.004	Фланец	2				
A4	5		21.ДП.ПЭА.152.61.03.005	Кольцо	2				
A4	6		21.ДП.ПЭА.152.61.03.006	Кронштейн	1				
				<i>Стандартные изделия</i>					
		7		Болт М20х15-40 ГОСТ 15589-70	16				
		8		Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70	16				
21.ДП.ПЭА.152.61.03.000									
Изм./Лист		№ докум.		Подп.	Дата				
Разраб.		Плешаков				Лит.	Лист	Листов	
Пров.		Епишкин						1	
Консул.						ТГУ, ИМ, гр. АТС-1601б			
Н.контр.		Епишкин							
Утв.		Бабровский							
Баллон									
<i>Копировал</i>							<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.2 – Спецификация на пневмобаллон