

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 передней подвески автомобиля Лада Гранта

Студент

А.С.Емельянов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В.Турбин

Консультанты

(И.О. Фамилия)

канд. техн. наук, доцент И.В.Дерябин

(И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М.Сярдова

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Дипломный проект по теме "Модернизация передней подвески LADA Granta".

Выпускная работа состоит из пояснительной записки, которая содержит 97 листа печатного текста и 10 листов формата А1 графического материала с чертежами конструируемого узла, а также листов технологической и экономической части проекта.

Ключевым вопросом дипломной работы является модернизация передней подвески автомобиля LADAGranta, а целью является улучшение эксплуатационных качеств автомобиля.

Данная дипломная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: требования предъявляемые к конструкции подвесок, классификация конструкций подвесок, расчет упругой характеристики передней подвески, параметры демпфера, монтажный чертеж передней подвески и чертеж амортизатора, технологическая схема сборки, перечень сборочных работ, соответствие проекта законодательным нормам в части безопасности и экологичности, описание рабочего места и применяемого оборудования.

Подводя итог, можно подчеркнуть что данная работа актуальна в сфере шоссейных гонок и применима к использованию на аналогичных автомобилях.

Abstract

Diploma project on the topic "Modernization of the front suspension LADA Granta".

The final work consists of an explanatory note and contains 94 sheets of printed text and 10 sheets of A1 format graphic material with drawings of the node being constructed, as well as sheets of the technological and economic part of the project.

The key issue of the thesis is the modernization of the front suspension of the LADA Granta car, and the goal is to improve the performance of the car.

This thesis can be divided into the following logically interrelated parts: requirements for the suspension structure, classification of suspension structures, calculation of the elastic characteristics of the front suspension, damper parameters, mounting drawing of the front suspension and shock absorber drawing, assembly flow chart, list of assembly works, compliance of the project with legislative norms in terms of safety and environmental friendliness, description of the workplace and the equipment used.

Summing up, it can be emphasized that this work is relevant in the field of road racing and is applicable to use on similar cars.

Содержание

Введение	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Обоснование и выбор темы выпускной квалификационной работы ...	8
1.1.1 Требования предъявляемые к плавности хода, устойчивости и управляемости ТС категории М ₁	8
1.1.2 Роль подвески в обеспечении плавности хода автомобиля	11
1.1.3 Постановка цели и задач дипломного проектирования	15
1.2 Обзор автомобилей прототипов и выбор автомобиля-аналога	16
1.3 Выбор массово-габаритных параметров проектируемого автомобиля..	22
1.4 Назначение и типы подвесок	24
2 Конструкторская часть.....	33
2.1 Разработка кинематической схемы подвески	33
2.2.1 Расчёт кинематики подвески	37
2.2.2 Расчёт упругих характеристик пружины	38
2.2.3 Расчёт характеристик амортизатора с регулируемым демпфированием	41
2.3 Прочностной расчёт деталей подвески	47
2.3.1 Расчёт упругого элемента подвески	47
2.3.2 Расчёт резьбы на корпусе стойки подвески	48
2.3.3 Расчёт амортизатора с регулируемым демпфированием	50
2.4 Расчёт показателей плавности хода	54
2.4.1 Построение амплитудно-частотной характеристики	55
2.4.2 Расчет характеристики плавности хода автомобиля	58
3 Технологическая часть.....	62
3.1 Перечень операций технического обслуживания подвески	62
3.2 Основные неисправности и диагностика подвески.....	63
4 Определение технико-экономических показателей проекта	78
5 Безопасность и экологичность проекта.....	87
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	87

5.2 Мероприятия по созданию безопасных условий труда	91
5.3 Средства снижения профессиональных рисков	94
5.4 Обеспечение пожарной безопасности рассматриваемого технического объекта	94
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	95
5.6 Анализ разработанной конструкции подвески с точки зрения устойчивости и управляемости	95
5.7 Заключение по разделу "Безопасность и экологичность технического объекта"	96
Заключение	97
Список используемой литературы	98
Приложение А Спецификация модернизированной передней стойки в сборе	101
Приложение Б Спецификация модернизированной передней стойки в сборе	102
Приложение В Спецификация стойки амортизатора	103

Введение

"Колебания автомобиля. Они воздействуют на главные эксплуатационные свойства транспортного средства: комфортабельность, плавность хода, устойчивость, управляемость, расход топлива"[11].

"Колебания растут со следующими изменениями:

- увеличением скорости движения,
- возрастанием мощности двигателя,
- качества дороги" [11].

"Есть установленные нормы и стандарты, по которым определяют норму уровня колебаний, вибраций и шумов автомобилей. От этих показателей изменяется качество и цена автомобиля" [11].

Создать машину, в которой нет колебаний, вибраций и шума, не реально, как и нереально создать вечный двигатель. Но создать автомобиль с минимальными уровнями данных показателей реально.

"Колебания появляются, когда колеса взаимодействуют с поверхностью дороги. В связи с этим прогиб пневматических шин и деформации подвески колеса, кузов совершает тоже сложные колебания. По колебаниям колес с определенными знаниями возможно определить устойчивость и управляемость транспортного средства. Также и с колебаниями кузова возможно определить плавность хода" [11].

"Качество дороги, также как и скорость могут придать колебаниям разную частотами и ускорение. Например частота колебаний кузова и колеса находятся в диапазоне 0,5 - 22 Гц. И ускорение колес может обойти g более чем в 10 раз. А вот ускорение кузова обходит g более чем в 1,5 раза" [11].

"Колесо считается одним из основных источников колебаний, потому что на появление увеличение колебаний влияет наличие рисунка протектора, каркас из металл-корда, разбалансировка и работа тормозов. Частота колебаний может достигать значение в тысячи герц. В таком случае колебания получают название вибрации. Вибрации с высокими частотами

появляются от: двигателей, трансмиссии, различного оборудования, установленное на ТС" [11].

Автомобильная подвеска - устройство, связывающее колеса с кузовом, уменьшает вибрации и нагрузку на колеса [26]. Нынешнее машиностроение предлагает следующие типы подвесок:

- зависимые
- независимые.

И к ним типы упругих элементов:

- пневматические,
- пружинные,
- рессорные,
- торсионные.

"Подвеска содержит: направляющие устройства, упругие элементы, гасящие устройства, механизм регулирования и управления" [13].

Подвеска отвечает за устойчивость и управляемость.

В автоспорте возможность настройки подвески дает значительные преимущества, всё потому что от жесткости пружин и амортизаторов зависит, помимо комфортности езды, поведение автомобиля.

1 Состояние вопроса

1.1 Обоснование и выбор темы выпускной квалификационной работы

1.1.1 Требования предъявляемые к плавности хода, устойчивости и управляемости ТС категории М₁

Колебания автомобиля. Они воздействуют на главные эксплуатационные свойства транспортного средства:

- комфортабельность,
- плавность хода,
- устойчивость,
- управляемость,
- расход топлива .

"Транспортные средства категории М₁ имеют два сложных вопроса во время движения. Этими вопросами являются управляемость и устойчивость, так как они тесно связаны с безопасностью движения" [13].

Управляемость автомобиля. Она дает возможность держать автомобиль в заданном направлении и управлять им за счет ведущих колес.

Устойчивость в свою очередь оказывает влияние на сопротивление автомобиля к боковым заносам и опрокидыванию.

Влияние подвески на устойчивость автомобиля. Высота расположения центра тяжести и ширина колеи передних и задних колес оказывают влияние на поперечную устойчивость автомобиля. Например, при высоком расположении центра тяжести может произойти опрокидывание ТС при действии боковой силы. Шансы опрокидывания в данном случае увеличиваются при движении автомобиля на поворотах малого радиуса при отсутствии виражей вследствие уменьшения критической скорости автомобиля по опрокидыванию.

Автомобили, имеющие более низкий центр тяжести и более широкую колею передних и задних колес, имеют большее сопротивление опрокидыванию. Что в свою очередь показывает повышенную устойчивость.

Влияние подвески на управляемость. У ТС категории М_{1с} независимой подвеской в случаях, когда автомобиль начинает уводить в сторону, говорит об изнашивании или деформации пружин подвески. Пружина оседает, что приводит к изменению угла наклона рычага подвески, что в свою очередь способствует наклону автомобиля и увеличению угла поворота, в связи с этим автомобиль уводит в сторону. Помимо этого повышается вероятность опрокидывания. Таким же образом оказывает влияние и давление в шинах. За счет низкого давления сопротивление качению выше, а боковая жесткость ниже. Потому наклон идет в сторону шины с низким давлением и что также ведет автомобиль в сторону.

Выше указанные качества существенно влияют на управляемость автомобиля. Из чего получаем итог, плохая управляемость приводит к потере устойчивости и заносу транспортного средства. Возможность рассмотрения подобных вопросов, дает возможность определить основные факторы в том и в другом случае.

Хорошая управляемость автомобиля достигается путем смягчения динамических нагрузок и быстротой гашения колебаний. Помимо этого должны сохраняться ширина колеи ведущих и ведомых колес во время заездов и съездов с неровностей дорожного покрытия.

Уменьшив вес упругих элементов подвески, снижается жесткость и получается мягкая подвеска, которая может поглощать толчки, передаваемые колесами. В случае с увеличением давления воздуха в шине толчки будут переходить на подвеску, которая увеличит мягкость хода.

Конструкция и способ крепления подвески влияют на её жесткость и на сохранение ширины колеи. Сохранение ширины колеи нужно для стабильной управляемости автомобиля. Если изменить ширину колеи, колеса скользят, и в этот момент часть силы сцепления уходит на это перемещение.

Из-за этого к устойчивости и управляемости предъявляются повышенные требования.

"Колебания возрастают с:

- увеличением скорости движения
- повышением мощности двигателя
- изменение качества дороги" [3].

"Есть установленные нормы и стандарты, которые определяют допустимые уровни колебаний, вибраций и шумов автомобилей. От показателей этих уровней зависят качество и цена легкового автомобиля" [15].

"Испытания на определение уровня колебаний, вибраций и шума проводят в лабораториях и на дорогах автополигонов" [15].

"Колебания возникают при взаимодействии колес с поверхностью дороги. Из-за прогиба пневматических шин и деформации подвески колеса и кузов совершают сложные колебания. По колебаниям колёс судят об устойчивости и управляемости автомобиля. Колебания кузова также определяют плавность хода" [15].

"Плавность хода - способность к поглощению толчков, ударов и вибраций, возникающих при движении. Она является важным качеством, оказывающим влияние на человека, сохранность перевозимых грузов, безопасность движения, долговечность машины" [4].

"Организм человека воспринимает вибрации через звуковые проявления или силовые воздействия. Пассажир изолирован от силового воздействия вибрации подушками. Только ноги на полу могут воспринимать вибрации, которые устраняются применением упругих ковриков на полу. Наибольшее влияние оказывают колебания кузова" [15].

"Установлено, что снижение числа колебаний ниже 50 мин^{-1} часто вызывает у пассажиров явление "морской болезни", а превышение 130 мин^{-1} - приводит к ощущению резких толчков" [15].

"Исходя из указанных предпосылок, Я.И. Бронштейном предположена для практической оценки плавности хода автомобиля пятибалльная шкала, в которой соответствующий бал присваивается исходя из числа толчков и их интенсивности (величины максимальных ускорений), испытываемых автомобилем при прохождении в заданных дорожных условиях расстояние 1 км" [15].

1.1.2 Роль подвески в обеспечении плавности хода автомобиля

"На плавность хода автомобиля существенное влияние оказывают подвеска и ее техническое состояние, шины, дорожные неровности и масса перевозимого груза" [4].

"Плавность хода - это возможность длительной езды по различным дорогам без утомления и тягостных ощущений у пассажиров, обеспечивая при этом высокие скорости движения" [4].

"При анализе плавности хода выделяют две основные составные части конструкции подвески: подрессоренные и неподрессоренные

Подрессоренная часть включает в себя все агрегаты и узлы, масса которых воспринимается упругими элементами подвески" [4].

"Неподрессоренные части включают в себя все агрегаты и узлы, масса которых не воспринимается рессорами. Детали, которые крепят подрессоренные и неподрессоренные массы, условно делят пополам и относят к подрессоренным и неподрессоренным массам" [4].

"Тип подвески колес. Независимая подвеска обеспечивает лучшую плавность хода, чем зависимая. При использовании независимой подвески (рисунок 1, б) в отличие от зависимой (рисунок 1, а) колеса не имеют связи между собой и перемещение одного колеса не вызывает перемещения другого. Кроме того, передняя независимая подвеска управляемых колес позволяет получить статический прогиб, приблизительно равный статическому прогибу задней зависимой подвески. Поэтому при наезде автомобиля на препятствие элементы кузова перемещаются параллельно

друг другу. Применение независимой подвески для задних колес также улучшает плавность хода, но повышает стоимость" [4].

На рисунке 1 изображены схемы подвесок колес автомобиля.

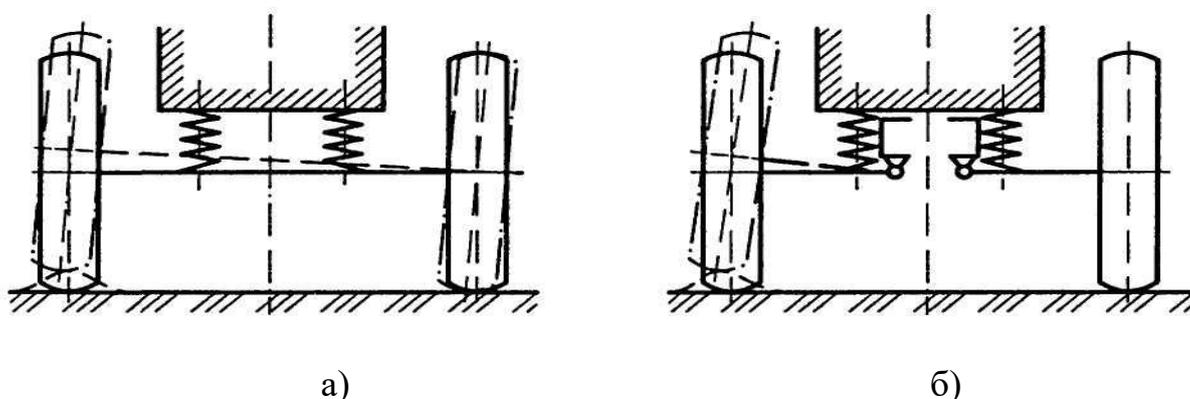
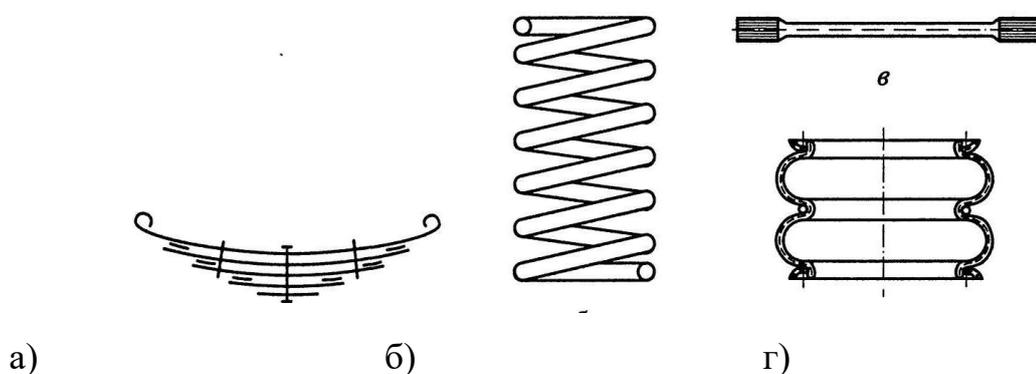


Рисунок 1 – Схемы зависимой (а) и независимой (б) подвесок колес автомобиля

"Упругое устройство подвески. В качестве упругого устройства в подвесках используют листовые рессоры, пружины, торсионы и пневматические баллоны (рисунок 2)" [4].

"Пружины и торсионы имеют меньшую массу в отличии от листовых рессор. Они долговечнее, не обладают сухим трением, просты по конструкции и удобны для обслуживания. Поэтому в передних независимых подвесках применяют пружины и торсионы, для лучшей плавность хода" [4].

На рисунке 2 показаны виды упругих устройств подвески.



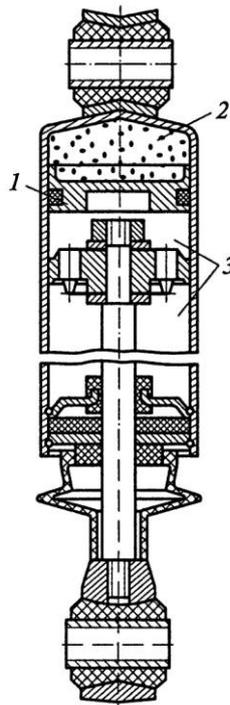
а - рессора; б - пружина; в - торсион; г - пневматический баллон

Рисунок 2 – Упругие устройства подвески

"Пневматические баллоны дают высокую плавность хода из-за возможности регулирования в широких пределах жесткости подвески и высоты кузова. Но пневматические подвески идут лучше на автобусах, где нагрузка изменяется при массовой перевозке пассажиров" [4].

"Неподдресоренные массы. Вес неподдресоренных масс оказывает влияние на плавность хода. Например, при меньшем весе неподдресоренных масс будет лучшая плавность хода из-за ослабления толчков и ударов, передаваемых от дорожных неровностей. При независимой подвеске вес неподдресоренных масс автомобиля значительно меньше, чем при зависимой" [4].

"Гасящее устройство подвески. Его используют гидро-телескопические амортизаторы низкого и высокого давления. Амортизаторы высокого давления (рисунок 3), дают лучшую плавность хода, чем низкого давления. Это связано с условиями работы амортизаторной жидкости в амортизаторах: эффективным охлаждением, меньшим внутренним давлением, отсутствием вспенивания. Амортизаторы высокого давления можно устанавливать на автомобиле в любом положении из-за плавающего поршня, разделяющего жидкость и газ. Однако они имеют большую длину и стоимость, чем амортизаторы низкого давления" [4]. На рисунке 3 представлен амортизатор в разрезе.



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

Рисунок 3 – Газонаполненный амортизатор

"Техническое состояние подвески. Ухудшение плавности хода может быть при неудовлетворительном техническом состоянии подвески. Так, при недостаточной смазке рессор между их листами возникает сухое трение, увеличивающее частоту колебаний" [4].

"Сухое трение может блокировать подвеску, вследствие чего кузов при переезде дорожных неровностей будет испытывать резкие толчки и удары. Так же происходит при повышении сопротивления гидро-амортизаторов, заправленных маслом с большой вязкостью" [3].

"При утечке амортизаторной жидкости эффективного гашения колебаний кузова не происходит. Они затухают медленно, а кузов долго раскачивается. При неисправных амортизаторах на дороге с большим числом неровностей колеса могут отрываться от дороги и терять контакт с ее поверхностью. В результате ухудшается плавность хода, управляемость, устойчивость и безопасность движения" [4].

"Масса перевозимого груза. С изменением массы груза меняются

подрессоренная масса, центр тяжести, нагрузка на передние и задние колеса и деформация элементов подвески" [13].

"Сильное влияние нагрузки на плавность хода у грузовых автомобилей. Нагрузка, приходящаяся на их задние колеса, изменяется в несколько раз, а на передних колесах она остается почти постоянной. При увеличении нагрузки на задние колеса уменьшается частота колебаний задней подвески, а частота колебаний передней подвески не меняется. В результате большая разница в частотах передней и задней подвесок ухудшает плавность хода" [13].

"Дорожные неровности. Причиной колебаний являются дорожные неровности, которые имеют различные очертания в зависимости от типа дороги и состояния ее покрытия" [4].

1.1.3 Постановка цели и задач дипломного проектирования

В результате вышеперечисленного цель дипломного проектирования следующая – автомобиль категории M_1 с разработкой передней винтовой подвески с улучшенными характеристиками.

Для достижения данной цели перед нами ставятся следующие задачи:

- Выявить конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на плавность хода;
- Выявить способы повышения плавности хода;
- Провести обзор существующих конструкций подвесок автомобилей категории M_1 ;
- Предложить свой вариант передней подвески автомобиля категории M_1 ;
- Произвести основные прочностные расчёты элементов конструкции модернизированной подвески;
- Разработать технологии технического обслуживания подвески;
- Выбрать оборудование для проведения операций ТО и предложить вариант приспособления для выполнения этих операций;
- Рассчитать элементы конструкции приспособления на прочность;

- Предложить мероприятия обеспечения безопасности жизнедеятельности на участках по ТО и ремонту подвески;
- Рассчитать экономические показатели проекта;
- Сделать выводы и предложения.

1.2 Обзор автомобилей прототипов и выбор автомобиля-аналога

Автомобили категории M_1 —транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров и имеющие, помимо места водителя, не более восьми мест для сидения.

Рассмотрим категорию M_1 , которая относится к легковым транспортным средствам. Именно эта категория интересует большую часть авто-владельцев.

"Новая Лада Гранта (ВАЗ-2190) построена на базе модели Лада Калина, вначале автомобиль выпускался в кузове седан, а с 2013 года появился и хэтчбек" [17].

"Автомобиль предлагается в трех комплектациях: "Стандарт", "Норма" и "Люкс". Версия в комплектации "Стандарт" получила 1,6-литровый мотор от Калины, две другие предлагаются с новым 8-клапанным силовым агрегатом объемом 1,6 литра мощностью 80 и 90 л.с., соответственно. Коробка передач - механическая 5-ступенчатая, привод на передние колеса" [17]. На рисунке 4 можно увидеть общий вид автомобиля ВАЗ-2190.

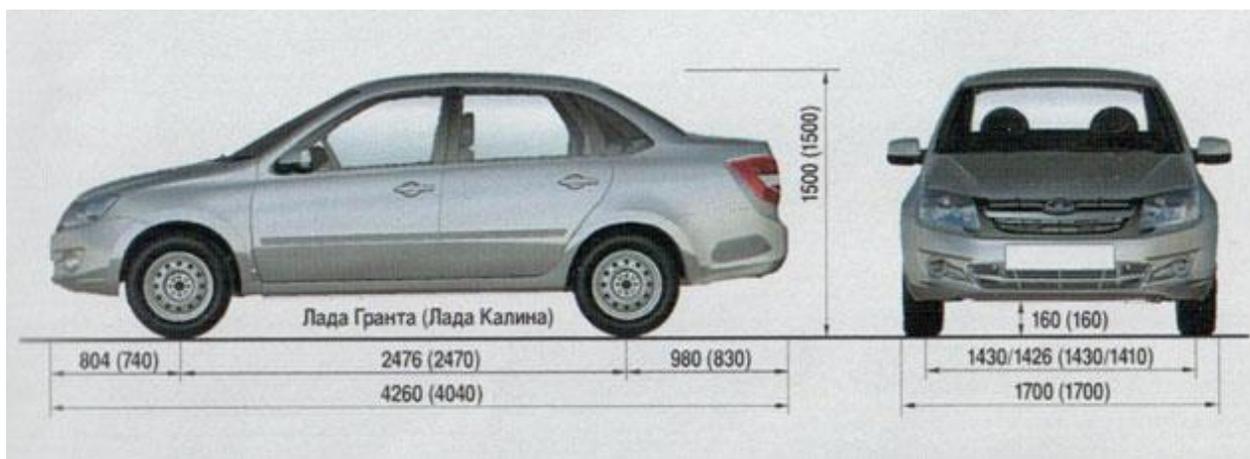


Рисунок 4 – Общий вид автомобиля ВАЗ-2190

"Все варианты двигателей работают на бензине АИ-95, их средний расход 8,7- 9,3 л на сотню в городе, 5,8 - 6,1 л - за городом и 7,2 - 7,3 л - в смешанном цикле" [17].

"Максимальная скорость самой мощной модификации Лады Гранты, по данным производителя, составляет 168,5 км/ч. Разгон с места до сотни у нее же занимает 12,0 секунд" [17].

Более подробные характеристики Лада Гранта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики автомобиля ВАЗ – 2190

Наименование характеристики	Значение
Тип кузова	Четырёх дверный седан
Число мест	5
Длина/Ширина/Высота, мм	4260/1700/1500
База, мм	2470
Колея передняя/Колея задняя, мм	1430/1410
Минимальный дорожный просвет, мм	160
Снаряжённая масса, кг	1040, 1080, 1100
Распределение снаряженной массы по передней/задней осям, %	59/41
Полная масса, кг	1450
Двигатель	Бензиновый, с распределенным впрыском (ВАЗ-11183, ВАЗ-21116)
Максимальная мощность, л.с./кВт/об/мин	80/59/5600, 90/66/5600

Продолжение таблицы 1

Коробка передач	Механическая, 5-ступенчатая, робот, ватомат
Привод	Передний
Передняя подвеска	Независимая, пружинная, McPherson
Задняя подвеска	Полузависимая, пружинная
Передние тормоза	Дисковые, вентилируемые
Задние тормоза	Барабанные
Шины	175/70 R13, 175/65 R14
Максимальная скорость, км/ч	164,5, 167,0, 168,5
Топливо	Бензин АИ-95

Лада Калина - пятиместный легковой автомобиль с передним расположением двигателя, цельнометаллическим сварным кузовом несущей конструкции, с приводом на передние колеса.

ВАЗ – 11183 – с кузовом седан и ВАЗ – 11193 – с кузовом хэтчбек.

Передний и задний бамперы изготовлены из ударопрочного полипропилена, что обеспечивает поглощение энергии удара при столкновении. В передней части кузова под панелью приборов имеется поперечная балка.

Центральная стойка, крыша и пороги имеют усиленную конструкцию. Во всех дверях для дополнительной жесткости установлены металлические бруссы.

Технические характеристики автомобиля ВАЗ-1119 представлены в таблице 2, а автомобиль показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Общий вид автомобиля ВАЗ-1119

Таблица 2 – Технические характеристики автомобиля ВАЗ – 1119 [17]

Наименование характеристики	Значение
Тип кузова	Пяти дверный хэтчбек
Число мест	5
Длина/Ширина/Высота, мм	3850/1700/1500
База, мм	2470
Колея передняя/Колея задняя, мм	1430/1410
Минимальный дорожный просвет, мм	160
Снаряжённая масса, кг	1080
Распределение снаряженной массы по передней/задней осям, %	59/41
Полная масса, кг	1555
Двигатель	Бензиновый, с распределенным впрыском (ВАЗ-21114-50, ВАЗ-21114-90)
Максимальная мощность, л.с./кВт/об/мин	87/64/5100
Коробка передач	Механическая, 5-ступенчатая, автомат
Привод	Передний
Передняя подвеска	Независимая, пружинная, McPherson
Задняя подвеска	Полузависимая, пружинная
Передние тормоза	Дисковые, вентилируемые
Задние тормоза	Барабанные
Шины	175/65 R14, 185/60 R14, 185/55 R15
Максимальная скорость, км/ч	168
Топливо	Бензин АИ-95

"Дебют Logan состоялся осенью 2004 года. Производство было налажено в Румынии, автомобиль поставляется на рынки стран третьего мира. В Румынии выходит под маркой Dacia, принадлежащей ныне французской фирме. В 2005 году Logan начали выпускать в Москве под маркой Renault" [17].

Логан New. Логан получил новое оформление передней и задней кузовной части, изменились боковые поверхности дверей. Автомобиль стал выглядеть более современно. Эмблему Рено, на решетке радиатора, сделали больше. Прорезь решетки украшена хромированными горизонтальными перекладинами. Прожекторы противотуманных фар установлены на подставках из черного пластика (рисунок 6.) [27-30]. На рисунке 6 представлен общий вид данного автомобиля.



Рисунок 6 – Общий вид автомобиля Рено Логан

Длина нового Renault Логан составляет 4346 мм, колесная база 2634 мм. Эти показатели немного выросли, а вот ширина и высота немного уменьшились, теперь они составляют 1733 мм и 1517 мм соответственно. Клиренс не изменился и составил 155 мм.

Салон нового Рено Логан остался таким же бюджетным с жестким пластиком, но его качество существенно улучшилось, как и шумоизоляция

салона, хотя шумы все же есть, после 100 км/ч становится шумно. Панель приборов стала более комфортна для водителя. Центральная консоль в верхней части готова к размещению 7-ми дюймового сенсорного дисплея (опция) с продвинутой магнитолой, навигатором и голосовым управлением.

Передние сиденья стали удобнее и комфортнее, появилась боковая поддержка. Задние сидения теперь могут складываться в пропорциях 60:40. Багажник сохранил свой прежний объем в 510 литров.

В таблице 3 представлены технические характеристики автомобиля Рено Логан.

Таблица 3 – Технические характеристики автомобиля Рено Логан

Наименование характеристики	Значение
Тип кузова	Четырехдверный седан
Число мест	5
Длина/Ширина/Высота, мм	4346/1733/1517
База, мм	2634
Колея передняя/Колея задняя, мм	1497/1486
Минимальный дорожный просвет, мм	155
Снаряжённая масса, кг	1106, 1127
Распределение снаряженной массы по передней/задней осям, %	60/40
Полная масса, кг	1545, 1545
Двигатель	Бензиновый, с распределенным впрыском
Максимальная мощность, л.с./кВт/об/мин	82/61/5000, 102/75/5750
Коробка передач	Механическая, 5-ступенчатая
Привод	Передний
Передняя подвеска	Независимая, пружинная, McPherson
Задняя подвеска	Полузависимая, пружинная
Передние тормоза	Дисковые, вентилируемые
Задние тормоза	Барабанные
Шины	185/65/R15
Максимальная скорость, км/ч	172, 180
Топливо	Бензин АИ-95

1.3 Выбор массово-габаритных параметров проектируемого автомобиля

Для дальнейших исследований, за основу для массово-габаритных параметров выбираем автомобиль категории М₁ Лада Гранта седан (ВАЗ 2190).

Лада Гранта седан (ВАЗ 2190) - это новый автомобиль отечественного автопрома, созданный на базе Калины образца 2004 года. Серийное производство автомобиля стартовало осенью 2011 года, а первый автомобиль был продан 22 декабря. Лада Гранта седан призвана сменить в линейке АвтоВАЗа сразу несколько моделей - классику, семейство Samara и Lada Kalina седан. По своим техническим характеристикам Лада Гранта седан превосходит перечисленные автомобили. Обосновывается это новыми материалами, улучшенным качеством сборки, а так же новыми технологиями, которые впервые были применены на отечественных автомобилях.

На рисунке 7 представлены габаритные параметры автомобиля Лада Гранта.

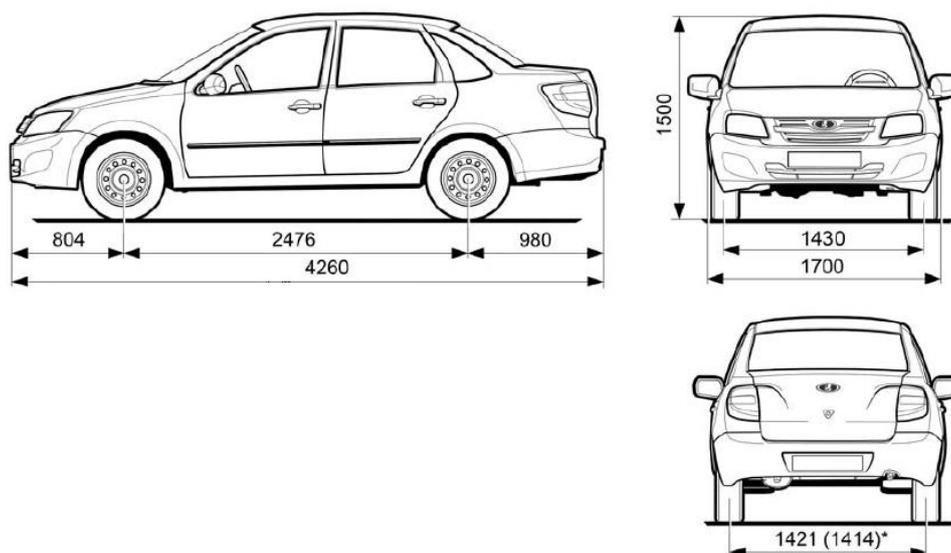


Рисунок 7 – Габаритные параметры проектируемого автомобиля

Технические характеристики автомобиля ВАЗ – 2190 [17]:

- Максимальная скорость: 164,50 км/ч;
- Время разгона до 100 км/ч: 12,50 с;
- Объем бензобака: 50,0 л;
- Снаряженная масса автомобиля: 1040 кг;
- Допустимая полная масса: 1450 кг;
- Размер шин: 175/70 R13;
- Модель двигателя: ВАЗ-11183 (ВАЗ-21116 комплектации Норма и Люкс);
- Расположение: спереди, поперечно;
- Объем двигателя: 1597 см³;
- Мощность: 80 л.с.;
- Количество оборотов: 5600;
- Передние тормоза: Дисковые вентилируемые;
- Задние тормоза: Барабанные;
- Передняя подвеска: Независимая, пружинная, McPherson;
- Задняя подвеска: Полузависимая, пружинная;
- Привод: Передний;
- Количество передач: механическая коробка – 5;
- АБС: нет;
- Тип кузова: седан;
- Количество дверей: 4;
- Количество мест: 5;
- Длина машины: 4260 мм;
- Ширина машины: 1700 мм;
- Высота машины: 1500 мм;
- Колея передняя: 1430 мм;
- Колея задняя: 1410 мм;
- Объем багажника: 500 л;

- Минимальный дорожный просвет (клиренс): 160 мм.

1.4 Назначение и типы подвесок

Автомобильная подвеска - устройство, связывающее колеса с кузовом, уменьшает вибрации и нагрузку на колеса. Нынешнее машиностроение предлагает следующие типы подвесок: пневматические, пружинные, рессорные, торсионные и т.д.

Подвеска автомобиля предназначена для обеспечения упругой связи между колесами и кузовом автомобиля за счет восприятия действующих сил и гашения колебаний. Подвеска входит в состав ходовой части автомобиля [18].

Она так же служит для смягчения и поглощения толчков и ударов, возникающих при движении автомобиля по неровной дороге.

Подвеска регулирует положение кузова во время движения автомобиля, гасит и смягчает толчки, воспринимаемые от неровностей дороги, и обеспечивает плавность хода автомобиля. Она уменьшает динамичные нагрузки и обеспечивает затухание колебаний.

"Состав подвески: направляющий элемент; упругий элемент; гасящее устройство; стабилизатор поперечной устойчивости; опора колеса; элементы крепления" [20].

Направляющие элементы обеспечивают соединения и передачу сил на кузов автомобиля. Они определяют характер перемещения колес относительно кузова автомобиля. В качестве направляющих элементов используются всевозможные рычаги: продольные, поперечные, сдвоенные и др.

Упругий элемент воспринимает нагрузки от неровности дороги, накапливает полученную энергию и передает ее кузову автомобиля. различают металлические и неметаллические упругие элементы.

Металлические упругие элементы представлены пружиной, рессорой и торсионом.

В подвесках легковых автомобилей широко используются витые пружины, изготовленные из стального стержня круглого сечения. Пружина может иметь постоянную и переменную жесткость. Цилиндрическая пружина, как правило, постоянной жесткости. Изменение формы пружины (применение металлического прутка переменного сечения) позволяет достичь переменной жесткости.

Листовая рессора применяется на грузовых автомобилях.

Торсион представляет собой металлический упругий элемент, работающий на скручивание.

К неметаллическим относятся резиновые, пневматические и гидропневматические упругие элементы. Резиновые упругие элементы (буферы, отбойники) используются дополнительно к металлическим упругим элементам.

Работа пневматических упругих элементов основана на упругих свойствах сжатого воздуха. Они обеспечивают высокую плавность хода и возможность поддержания определенной величины дорожного просвета.

Гидропневматический упругий элемент представлен специальной камерой, заполненной газом и рабочей жидкостью, разделенной эластичной перегородкой.

Стабилизатор поперечной устойчивости противодействует увеличению крена при повороте за счет перераспределения веса по колесам автомобиля. Он представляет собой упругую штангу, соединенную через стойки с элементами подвески. Также он может устанавливаться на переднюю и заднюю ось.

Опора колеса (для передней оси - поворотный кулак) воспринимает усилия от колеса и распределяет их на другие элементы подвески (рычаги, амортизатор).

Элементы подвески соединяются между собой и с кузовом автомобиля с помощью элементов крепления. В подвеске используются, в основном, три вида креплений:

- жесткое болтовое соединение;
- соединение с помощью эластичных элементов (резинометаллические втулки, сайлент-блоки);
- шаровой шарнир (шаровая опора).

Эластичные элементы используются для присоединения элементов подвески к кузову и в отдельных случаях к опоре колеса. Соединение с кузовом осуществляется через подрамник. Эластичные элементы гасят вибрации определенной частоты и, тем самым, снижают уровень шума в подвеске.

Шаровой опорой называется вид шарнирного соединения, который за счет степени свободы обеспечивает правильную геометрию поворота ведущих колес. Она устанавливается на нижнем рычаге передней подвески, а также на конце тяги рулевого механизма. Для удобства эксплуатации шаровые опоры делают съемными.

В зависимости от конструкции направляющих элементов различают два типа подвески - независимая и зависимая.

Зависимая подвеска объединяет колеса жесткой балкой, и образует так называемый мост автомобиля. Перемещение одного из колес в поперечной плоскости передается другому колесу. Зависимая подвеска вследствие своей простоты имеет высокую надежность.

В независимой подвеске связь между колесами отсутствует. Колеса перемещаются в поперечной плоскости независимо друг от друга, чем достигается значительное снижение неподрессоренных масс и повышение плавности хода. На современных легковых автомобилях независимая подвеска используется в качестве основной конструкции передней и задней подвесок.

Различают следующие виды независимых подвесок:

- на двойных поперечных рычагах;
- МакФерсон;
- многорычажная;
- на продольных рычагах;
- торсионная.

В качестве задней подвески автомобиля используется подвеска на продольных рычагах. Остальные виды подвесок могут использоваться как на передней, так и на задней оси автомобиля. Наибольшее распространение на легковых автомобилях получили подвески:

- на передней оси – подвеска МакФерсон;
- на задней оси – многорычажная подвеска.

На некоторых внедорожных автомобилях и автомобилях премиум-класса устанавливается пневматическая подвеска, в которой используются пневматические упругие элементы. Особое место в конструкции подвесок занимает гидропневматическая подвеска, разработанная фирмой Citroen. Конструкция пневматической и гидропневматической подвески построена на известных типах подвесок.

В настоящее время многие автопроизводители оборудуют свои автомобили активной подвеской. Разновидностью активной подвески является т.н. адаптивная подвеска, в которой предусмотрено автоматическое регулирование демпфирующей способности амортизаторов.

"Подвески классифицируются по типам направляющих устройств, упругих элементов и гасящих устройств (амортизаторов)" [15].

"По типу направляющих устройств различают: зависимые, независимые и балансирные подвески"[15].

"По типу упругих элементов различают подвески с металлическими и неметаллическими упругими элементами. В качестве металлических используются листовые рессоры, пружины и торсионы. К неметаллическим относятся пневматические и резиновые элементы" [15].

"Зависимая подвеска – подвеска, где оба колеса жёстко связаны между собой. Перемещение одного влияет на другое" [15].

"Независимая подвеска – подвеска, где колеса одной оси не связаны друг с другом, либо влияют лишь в малой степени. При работе независимой подвески установочные параметры колесб развал, база, колея могут меняться при работе подвески" [15].

Подвеска на двойных поперечных рычагах (рисунок 8).

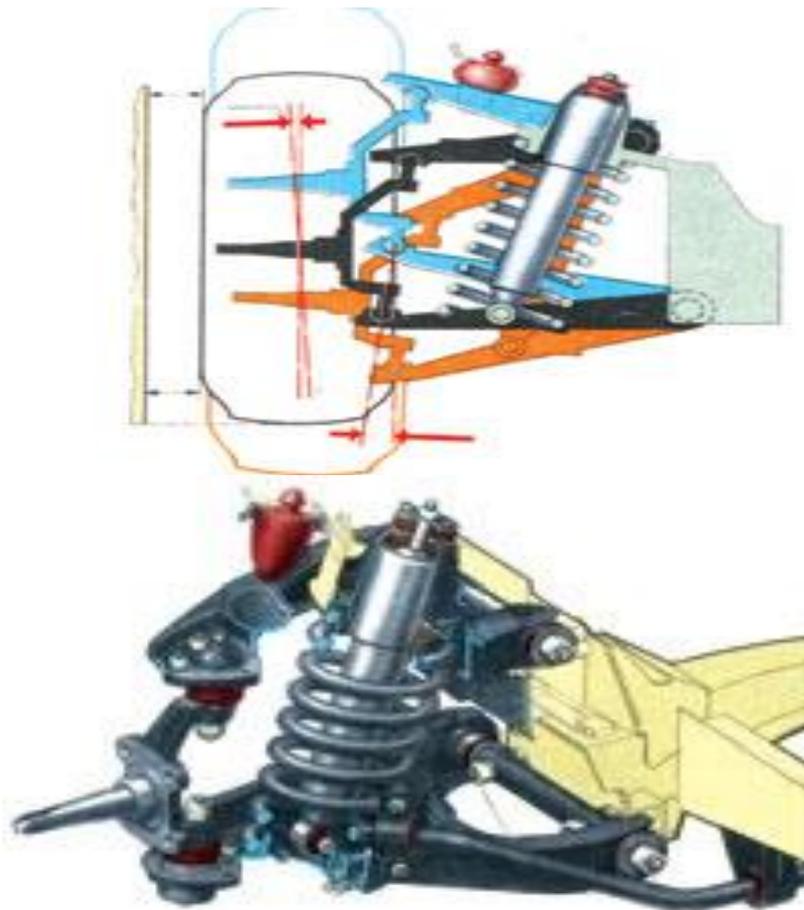


Рисунок 8 – Подвеска на двух поперечных рычагах

Данный тип подвески характерен двумя рычагами, которыми крепится колесо к кузову автомобиля. Рычаги расположены один над другим. Такая подвеска считается наиболее совершенной на данный момент с точки зрения управляемости, так как можно конструктивно добиться того, чтобы колесо всегда было расположено к дороге под нужным углом. Поэтому данный тип

подвески применяется на болидах "Формула-1". В легковых же автомобилях такая подвеска применяется в основном только на передней оси, так как она занимает значительное место, что уменьшает размер багажника.

Подвеска МакФерсон (McPherson) (рисунок 9).

Это самый распространенный тип независимой подвески, применяемый на передней оси. Популярность подвески МакФерсон обусловлена достаточно хорошим соотношением цены, простоты использования и кинематическими свойствами. Она устанавливается в качестве передней подвески в подавляющем большинстве недорогих легковых автомобилей. Однако в более дорогих моделях сейчас наблюдается тенденция применения более дорогой, но и более совершенной подвески с двойными поперечными рычагами.

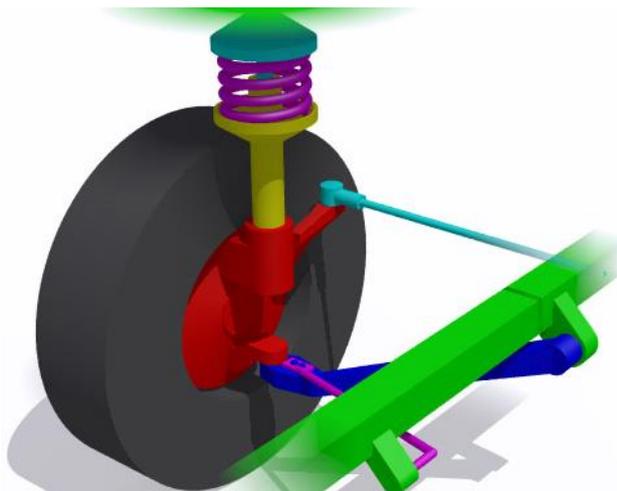


Рисунок 9 – Подвеска МакФерсон

Конструктивно подвеска состоит из нижнего рычага и стойки, закрепленной на брызговике крыла, играющей одновременно роль амортизатора.

Преимущества подвески МакФерсон:

- низкая стоимость;
- простота конструкции;

- компактность;
- небольшая масса.

Недостатки подвески МакФерсон:

- не лучшая кинематика - развал меняется при движении по неровностям;
- высокая передача на корпус вибрации и шумов от дороги;
- сложность в обслуживании.

Многорычажная подвеска (рисунок 10).

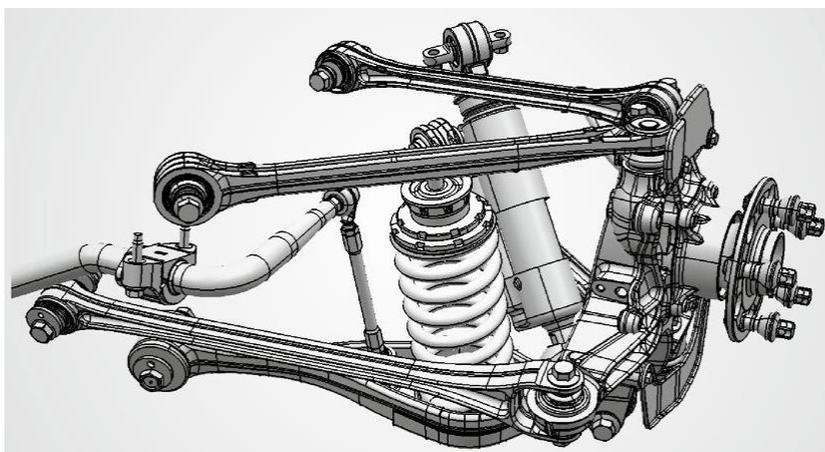
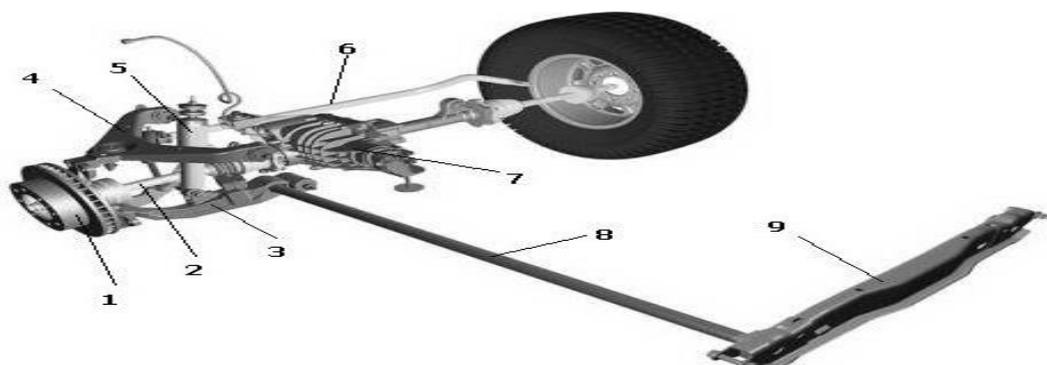


Рисунок 10 – Многорычажная подвеска

Многорычажная подвеска может применяться на передней и на задней оси. Причем для задней оси эта подвеска является более распространенной. Особенностью данного типа подвески является то, что рычагов в подвеске несколько – обычно четыре-пять. Каждый из рычагов выполняет особую роль в управлении. Данный тип подвески чаще всего применяется на автомобилях представительского класса. Ее преимущества: плавность хода, низкий уровень шума, отличная управляемость. К недостаткам относятся сложность в изготовлении и высокая стоимость.

Торсионная подвеска (рисунок 11).

Торсионная подвеска – подвеска, где упругий элемент это торсионы – (элементы, работающие на кручение). Преимущества торсионной подвески – это долговечность, легкость регулировки, а также в том, что она занимает меньше места по сравнению с пружинной.



1 – ступица колеса; 2 – приводной вал; 3 – нижний поперечный рычаг;
4 – верхний поперечный рычаг; 5 – амортизатор; 6 – стабилизатор поперечной устойчивости; 7 – передний дифференциал; 8 – продольный торсион; 9 – подрамник

Рисунок 11 – Торсионная подвеска

Для дальнейших исследований выбираем подвеску, изображённую на рисунке 2.3, так как она получила наибольшее распространение.

Одним из популярных типов автомобильных подвесок является mcpherson. Еще она называется качающейся свечей из-за особенностей конструкции своего основного элемента – амортизационной стойки. Свечная подвеска обычно устанавливается на передних колесах. Вариант, применяемый на задних колесах, называется подвеска Чепмена [19].

Установка этой подвески позволяет размещать двигатель с коробкой передач поперек, поэтому она широко используется при создании переднеприводных автомобилей.

Данная подвеска имеет ряд положительных характеристик (преимуществ):

- её производство является менее затратным, чем изготовление подвески на поперечных двойных рычагах;

- она достаточно компактна;

- уменьшены силы, воздействующие на места крепления к кузову путем значительного расстояния между узлами;

- большой ресурс верхней опоры стойки;

- легкая диагностика неисправностей.

Описываемая подвеска имеет свои минусы:

- параметры кинематики значительно хуже двух рычажной подвески;

- возникает необходимость укрепления брызговика крыла;

- езда по скверным дорогам ведет к образованию трещин в местах соединения стоек с брызговиком крыла;

- периодические поломки амортизационных стоек, после чего требуется их замена;

- дорожные шумы передаются в салон;

- от трения направляющей о шток ухудшается работа подвески.

Любые недостатки ограничивают область применения подвески. Из-за определенного ухудшения кинематики, она не годится для установки на дорогостоящих спортивных моделях.

Быстрый износ из-за больших нагрузок в области крепления не позволяет ее использовать как независимую в легких грузовиках. Недостаточное пространство усложняет применение гидропневматических элементов, устанавливаемых в отдельных типах подвесок.

Из-за недостатков отдельные производители автомобилей люкс-класса не используют mcpherson. Одновременно конструкционные преимущества, дешевизна изготовления привели к распространению этого типа подвески среди бюджетных автомобилей.

Именно поэтому, далее занимаемся модернизацией и совершенствованием именно данной подвески.

2 Конструкторская часть

2.1 Разработка кинематической схемы подвески

По заданию на дипломный проект необходимо разработать подвеску с регулируемой жёсткостью пружины, а так же демпфированием амортизатора.

Жёсткость пружины регулируется самыми различными способами, самый простой из них – регулирование при вращении гайки (рисунок 12). На рисунке 13 показан общий вид в комплекте.

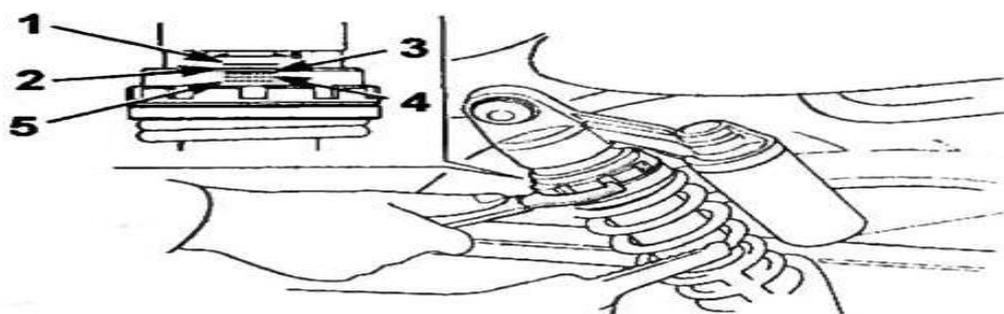


Рисунок 12 – Регулирование жёсткости пружины (изменение жесткости подвески путём смены позиции пружины)



Рисунок 13 – Амортизатор в комплекте с пружиной с возможностью регулирования её жёсткости

На передней подвеске данный тип амортизаторов можно представить в виде рисунка 14.



Рисунок 14 – Передняя подвеска автомобиля с установленным амортизатором с пружиной с возможностью регулирования её жёсткости

Жесткость пружин, пригодных для повседневной езды, находится обычно в пределах 10...12 кг/мм для передней подвески. Надо заметить, что на передней подвеске пружины (и амортизаторы) почти всегда существенно жестче, чем сзади. Сзади (в задней подвеске) пружины в 1,5...2,0 раза мягче [20].

Жесткость пружин также зависит от веса автомобиля, для которого они предназначены.

Чрезмерно жесткая подвеска пригодна только для очень хороших дорог. Чем жестче – тем лучше должна быть дорога. На волнистой или разбитой дороге жесткая подвеска работает плохо. Машина просто преодолевает неровности, постоянно теряя сцепление с дорогой. Если манёвр происходит в повороте – можно выйти за его пределы.

"Изменение жёсткости подвески – это самый простой способ изменить поворачиваемость и устойчивость автомобиля, правда не самый эффективный. Жесткость пружины (как, отчасти, и вязкость масла) влияет на

"сцепление" колес с дорогой. Конечно, говорить об изменении сцепления колес с дорогой при изменении жесткости подвески не правильно, так как меняется не сцепление как таковое"[21].

"Итак, сцепление колес с дорогой уменьшается при увеличении жесткости подвески и вязкости масла, но чрезмерно увеличивать жесткость нельзя, иначе машина станет неуправляемой из-за постоянного отрыва колес от дороги. Установка мягких пружин и использование масла низкой вязкости увеличивает сцепление. При излишнем сцеплении машина начинает слишком сильно снижать скорость в повороте. Как говорят гонщики, она начинает "вязнуть" в повороте. Это очень плохой эффект, так как почувствовать его не всегда легко, машина может иметь прекрасный баланс и неплохо управляться, а время круга ухудшается очень сильно. Поэтому для каждого покрытия придется искать баланс между двумя крайностями. Что касается масла, то на неровных трассах (особенно на зимних трассах) необходимо заправлять масло низкой вязкости 5W20, 5W30. Иначе, колеса начнут отрываться от дороги, и сцепление с покрытием уменьшится. На ровных трассах с хорошим сцеплением вполне подходит 5W40" [21].

"При настройке жесткости подвески существуют следующие правила:

- чем жестче передняя подвеска, тем хуже машина поворачивает, она становится более устойчивой к сносу задней оси;
- чем мягче задняя подвеска, тем автомобиль хуже поворачивает, но становится менее склонным к заносу задней оси;
- чем мягче передняя подвеска, тем более выражена избыточная поворачиваемость, и тем выше склонность к сносу задней оси;
- чем жестче задняя подвеска, тем больше управляемость приобретает черты избыточной поворачиваемости" [21].

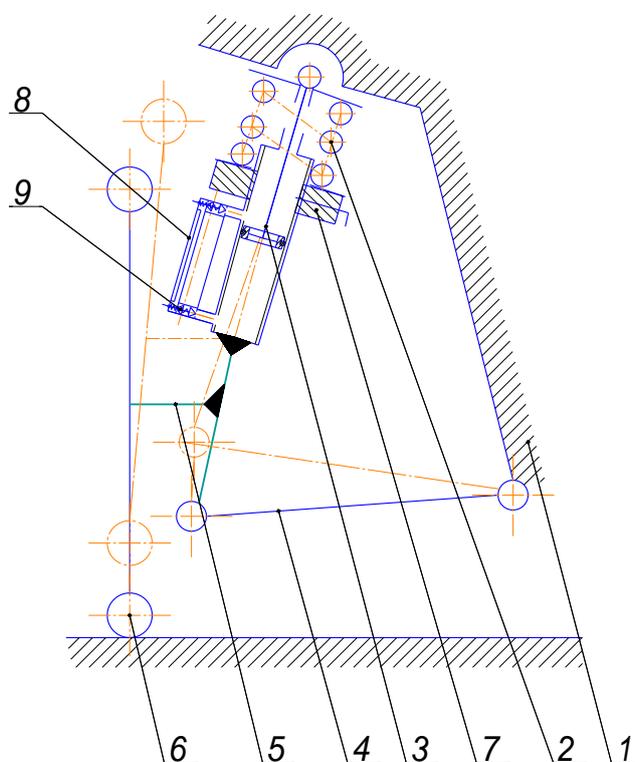
Далее разберёмся с понятием – демпфирование амортизатора.

Демпфирование колебаний, искусственное подавление колебаний механических, электрических и др. систем. Демпфирование может осуществляться за счёт увеличения затухания, для чего на системе

устанавливаются демпферы (например, поршни, движущиеся в вязкой среде). Демпфирование уменьшает амплитуду колебаний в системе, а если амплитуда колебательной системы понижается до величины 0,5, то колебательное движение превращается в аperiodическое.

Другой метод состоит в подавлении колебаний определённой частоты ω с помощью дополнительной колебательной системы, настроенной на эту частоту и создающей силу, равную по величине силе, вызывающей колебания, но противоположную ей по направлению.

Кинематическую схему разрабатываемой подвески можно представить в виде рисунка 15.



- 1 – кузов автомобиля; 2 – пружина подвески; 3 – стойка амортизатора;
4 – рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – колесо; 7 – гайка; 8 – дополнительный резервуар;
9 – клапаны

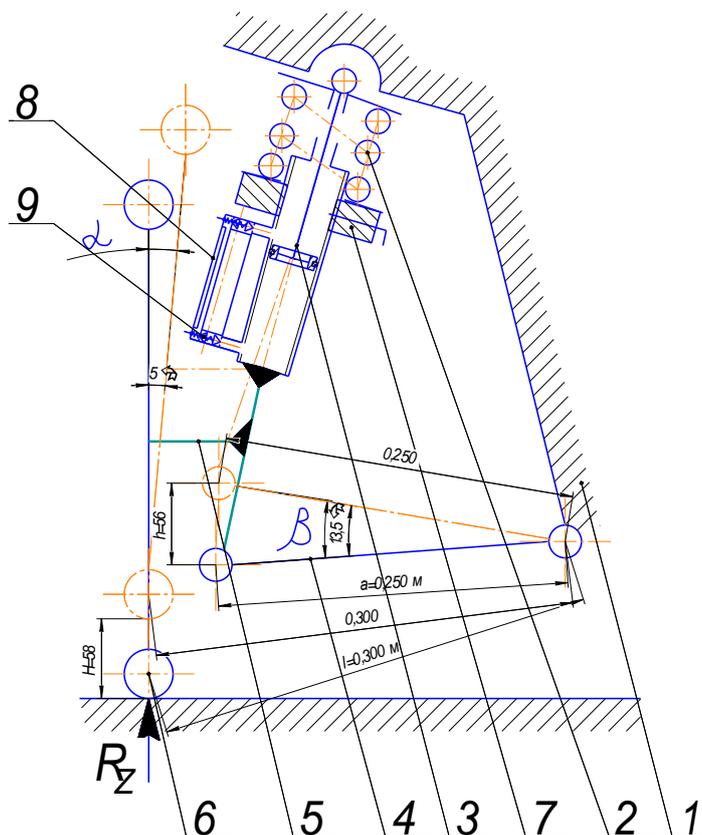
Рисунок 15 – Кинематическая схема разрабатываемой подвески

Подготовленный к соревнованиям автомобиль должен быть устойчив и легко управляем [22].

2.2 Проектировочный расчёт подвески

2.2.1 Расчёт кинематики подвески

Расчётную схему можно представить в виде рисунка 16.



- 1 – кузов автомобиля; 2 – пружина подвески; 3 – стойка амортизатора;
4 – рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – колесо; 7 – гайка; 8 – дополнительный резервуар;
9 – клапаны

Рисунок 16 – Расчётная кинематическая схема подвески

Из ранее проведённых параметров принимаем, что $A = 200,0 \text{ мм} = 20,0 \text{ см} = 0,20 \text{ м}$. Принимаем длины следующими: $a = 0,250 \text{ м}$; $l = 0,300 \text{ м}$.

Тогда при $H = 58,0 \text{ мм}$: $h = 56,0 \text{ мм}$; $\alpha = 5,0 \text{ град}$; $\beta = 13,5 \text{ град}$.

$$h = 2 \cdot (a \cdot \sin(\frac{\beta}{2})) = 2 \cdot (0,25 \cdot \sin(\frac{13,50^\circ}{2})) = 0,056 \text{ м} = 56,0 \text{ мм};$$

$$\beta = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{h}{2 \cdot a}\right) = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{0,056}{2 \cdot 0,250}\right) = 13,50^\circ;$$

$$a = \frac{h}{2 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} = \frac{0,056}{2 \cdot \sin\left(\frac{13,50^\circ}{2}\right)} = 0,250.$$

2.2.2 Расчёт упругих характеристик пружины

"Упругая характеристика пружины (рисунок 17) это зависимость между вертикальной нагрузкой и прогибом пружины" [15].

"По упругой характеристике подвески можно определить параметры: статический прогиб подвески $f_{ст}$, динамический прогиб подвески при ходе колеса вверх $f_{д.в.}$ и вниз $f_{д.н.}$, жесткость подвески c_p , коэффициент динамичности k_d и статическую силу сухого трения $F_{ст}$ " [15].

"По результатам стендовых испытаний строят упругую характеристику подвески" [15].

"На рисунке 1.17 кривая упругой характеристики соответствует нагружению подвески в статическом состоянии, а кривая – её разгрузению. Как видно из рисунка, кривые нагружения и разгрузки не совпадают, что связано с наличием трения в подвеске. Разница между кривыми $0a$ и $a0$ и определяет трение в подвеске" [15].

"За характеристику подвески условно принимается средняя линия между кривыми нагружения и разгрузки подвески" [15].

"Рассмотрим определение некоторых параметров подвески по ее упругой характеристике, что позволяют оценить плавность хода" [15].

"Статический прогиб подвески $f_{ст}$ определяется путем проведения касательной линии к упругой характеристике в точке, соответствующей статической нагрузке $S_{ст}$. Желательно, чтобы статический прогиб подвески составлял 200...250 мм для легковых автомобилей, 80...140 мм для грузовых и 110...200 мм для автобусов. Однако такие значения статических прогибов подвески не всегда возможно получить, так как они зависят от назначения автомобиля и его компоновки" [15].

"Важное значение для плавности хода имеет отношение статического прогиба задней подвески к передней подвески $f_{ст2}/f_{ст1}$. Рекомендуются следующие значения этого отношения: 0,8 - 0,9 для легковых и 1,0 - 1,2 для грузовых и автобусов" [15].

"По известным статическим прогибам передней и задней подвесок можно определить частоту парциальных (не связанных между собой) низкочастотных колебаний передней n_1 и задней n_2 частей кузова, мин⁻¹:

$$n_1 = \frac{300}{\sqrt{f_{ст1}}}, \quad n_2 = \frac{300}{\sqrt{f_{ст2}}}; \quad (1)$$

где $f_{ст1}$ и $f_{ст2}$ – статические прогибы соответственно передней и задней подвесок, см.

Оптимальными являются парциальные частоты колебаний, составляющие 60 - 70 мин⁻¹ для легковых; 80 - 120 мин⁻¹ для грузовых и 80 - 100 мин⁻¹ для автобусов" [15].

"Динамический прогиб подвески при ходе колеса вверх $f_{дв}$, включая прогиб буфера, ограничивающего ход, должен составлять: $0,5f_{ст}$ для легковых; $f_{ст}$ для грузовых и $0,75f_{ст}$ для автобусов" [15].

"Динамический прогиб подвески при ходе колеса вниз $f_{дн}$ должен быть приблизительно равен динамическому прогибу при ходе колеса вверх $f_{дн} = f_{дв}$ " [15].

Жесткость подвески равен тангенсу угла наклона касательной к средней линии упругой характеристики подвески:

$$c_{п} = \tan \alpha = \frac{G_{ст}}{f_{ст}}. \quad (2)$$

"При снижении жесткости подвески уменьшается частота колебаний поддрессоренной массы и повышается плавность хода. Это достигается с независимой подвески, жесткость которой меньше, чем у зависимой. Кроме

того, независимая позволяет увеличить ход колес вверх и вниз, что также повышает плавность хода и работоспособность"[15].

"Статическая сила трения F_{CT} в подвеске равна половине разности ординаты, заключенной между кривыми нагружения и разгружения. Эту силу называют силой сухого трения" [15].

"При движении в подвеске действует динамическая сила сухого трения, которая совместно с гидро-амортизаторами гасит колебания кузова и колес. Статическая сила сухого трения действует в подвеске только в крайних положениях колес при изменении направления их перемещений" [15].

Динамическая сила сухого трения в подвеске меньше, чем статическая, и ее значение приблизительно составляет:

$$F_d = (0,5 \dots 0,7)F_{CT} \quad (3)$$

Итак, статический прогиб пружины можно определить из выражения:

$$f_{CT} = \left(\frac{300,0}{60 \dots 70} \right)^2 = 19 \dots 25 \text{ см, принимаем } 20,0 \text{ см.}$$

Тогда жёсткость пружины составит:

$$c = \frac{3625,0}{20,0} = 181,25 \text{ Н/см;}$$

$$f_{дн} = f_{дв} = 0,5 \cdot f_{CT} = 0,5 \cdot 20,0 = 10,0 \text{ см.}$$

Далее произведём расчёты для различных настроек пружины:

$$c = \frac{3625,0}{25,0} = 145,0 \text{ Н/см;}$$

$$f_{дн} = f_{дв} = 0,5 \cdot f_{CT} = 0,5 \cdot 25,0 = 12,50 \text{ см.}$$

$$c = \frac{3625,0}{19,0} = 190,79 \text{ Н/см;}$$

$$f_{дн} = f_{дв} = 0,5 \cdot f_{CT} = 0,5 \cdot 19,0 = 9,50 \text{ см.}$$

Упругие характеристики подвески представим в виде графика (рисунке 17).

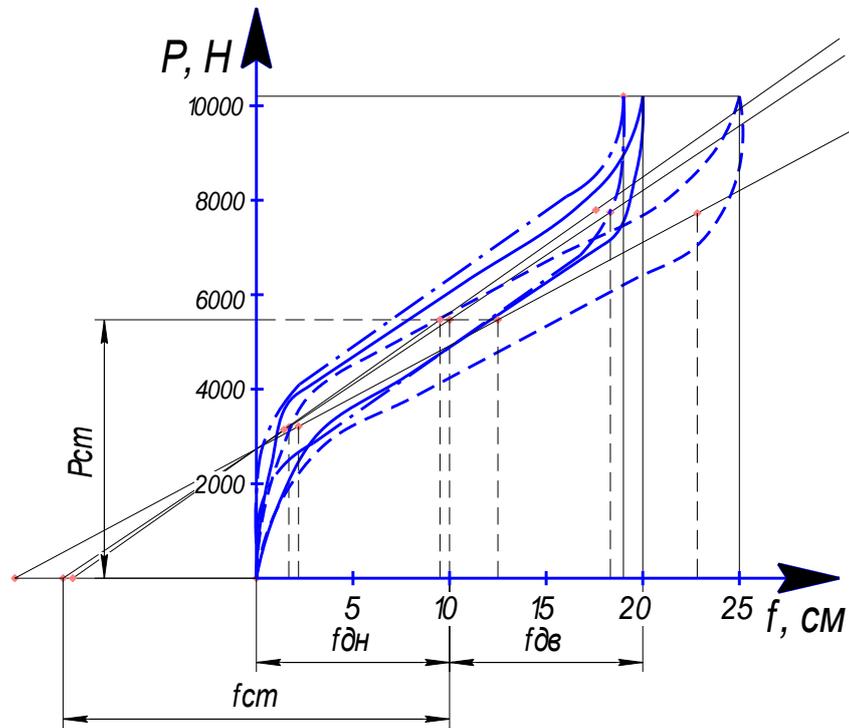


Рисунок 17 – Упругие характеристики подвески

2.2.3 Расчёт характеристик амортизатора с регулируемым демпфированием

"Гашение колебаний. Для обеспечения высокой плавности хода подвеска должна эффективно гасить колебания кузова и колес. При высокой плавности хода за один период свободных колебаний амплитуда перемещений кузова должна уменьшаться в 3 - 8 раз (за это отвечает амортизатор – гасящий элемент подвески)" [15].

"Гашение колебаний происходит в результате действия в подвеске трения, которое различно и может быть жидкостным, сухим и межмолекулярным" [15].

"Все виды трения различны по абсолютной величине, неодинаково изменяются в зависимости от скорости колебаний (рисунок 1.18, а) и поэтому по-разному влияют на затухание колебаний" [15].

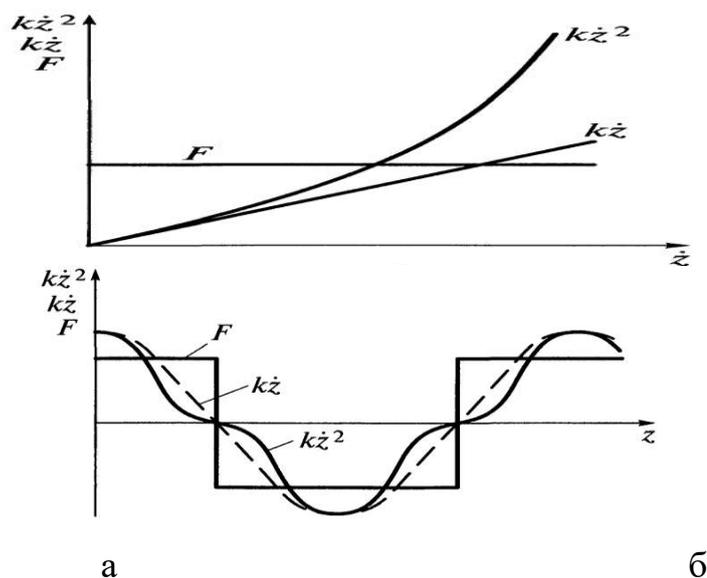
Характер изменения указанных видов трения в случае гармонических колебаний также различен (рисунок 1.18, б).

"Жидкостное трение может изменяться пропорционально как квадрату скорости, так и скорости колебаний. Обычно оно линейно при малой скорости колебаний и быстро растет с ее увеличением. Даже небольшое жидкостное трение вызывает быстрое затухание колебаний" [15].

"Межмолекулярное трение пропорционально скорости колебаний, но при изменении частоты эффективного затухания колебаний не вызывает" [15].

"Основным видом трения, которое постоянно действует в подвеске совместно с жидкостным трением, является сухое трение. При эксплуатации автомобиля сухое трение не остается постоянным, а все время изменяется, не поддается регулированию и ухудшает плавность хода. Поэтому в современных автомобилях, прежде всего в легковых и автобусах, стремятся устранить сухое трение. Чем больше вклад в гашение колебаний, тем легче добиться желаемого характера затухания колебаний и необходимой плавности хода автомобиля" [15].

На рисунке 18 показаны графики изменения силы трения.



а – в зависимости от скорости колебаний; б – при гармонических колебаниях

Рисунок 18 – Изменение силы трения сухого (F), жидкостного линейного ($k\dot{z}$) и квадратичного ($k\dot{z}^2$)

"Кроме того, сопротивление, создаваемое гидро-амортизатором, является параметром, который может легко меняться в более широком диапазоне, чем другие колебательные параметры автомобиля" [15].

Эффективное гашение колебаний кузова и колёс зависит от силы сопротивления, создаваемой гидро-амортизатором при работе:

$$P_a = kv_n^n; \quad (4)$$

где k - коэффициент сопротивления амортизатора;

v_n - скорость перемещения поршня амортизатора;

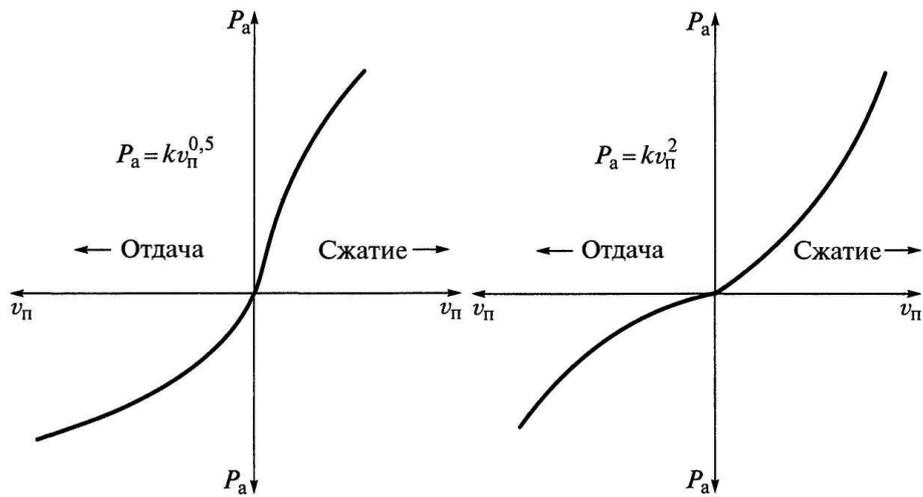
n - показатель степени.

"Сила сопротивления P_a амортизатора при его работе пропорциональна скорости v_n перемещения поршня в некоторой степени n , а коэффициент сопротивления k определяет темп нарастания сопротивления" [15].

"Показатель степени n зависит от конструкции клапанов амортизатора и вязкости амортизаторной жидкости (масла) и может быть меньше, больше или равен единице. Этот показатель определяет характеристику гидравлического амортизатора" [18].

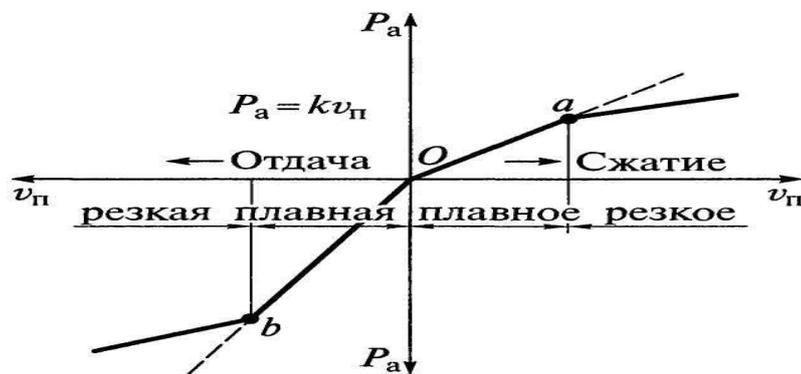
"Характеристикой амортизатора называется зависимость его силы сопротивления от скорости перемещения поршня при ходах сжатия и отдачи" [18].

"Характеристика амортизатора может быть: регрессивной ($n < 1$, рисунок 19, а), прогрессивной ($n > 1$, рисунок 19, б) и линейной ($n = 1$, рисунок 19, в). На автомобилях применяются гидравлические амортизаторы с линейной и квадратичной характеристиками. Квадратичная характеристика амортизатора является наиболее прогрессивной. Амортизаторы с квадратичной характеристикой обеспечивают самое эффективное гашение колебаний кузова и колес автомобиля" [18].



а

б



в

а – регрессивная; б – прогрессивная; в – линейная

Рисунок 19 – Характеристики амортизаторов

"Амортизаторы с линейной характеристикой широко применяются на автомобилях. При движении, когда колеса и кузов перемещаются навстречу друг другу или в разные стороны, т.е. при ходах сжатия и отдачи, амортизатор создает различные сопротивления. В зависимости от соотношения между коэффициентами сопротивления при ходах сжатия $k_{сж}$ и отдачи $k_о$ они могут иметь симметричную или несимметричную характеристику. У амортизаторов с симметричной характеристикой коэффициенты сопротивления при ходах сжатия и отдачи равны ($k_{сж} = k_о$), а с несимметричной характеристикой $k_{сж} = (0,2...0,5) k_о$. Коэффициент сопротивления при ходе сжатия принимается меньше коэффициента

сопротивления при ходе отдачи с целью уменьшения усилий, передающихся через амортизатор от колес к кузову при движении автомобиля по неровной дороге" [18].

"На рисунке 19, в, представлена линейная несимметричная характеристика гидро-амортизатора с разгрузочными клапанами (сжатия и отдачи). Из рисунка видно, что при плавном сжатии сила сопротивления возрастает медленнее, чем при плавной отдаче ($Oa < Ob$). При резком сжатии открывается клапан сжатия (точка а), а при резкой отдаче - клапан отдачи (точка б). Клапаны сжатия и отдачи разгружают амортизатор и подвеску от больших усилий, возникающих при высокочастотных колебаниях и ударах во время движения по неровной дороге. Кроме того, эти клапаны ограничивают увеличение сопротивления амортизатора в случае возрастания вязкости амортизаторной жидкости при низких температурах воздуха" [18].

"Коэффициент сопротивления не может полностью характеризовать эффективность гашения колебаний в подвеске автомобиля. Так, один и тот же амортизатор в разных подвесках с неодинаковыми поддрессоренными массами обеспечивает различный эффект гашения" [18].

Полную характеристику эффективности гашения в подвеске дает коэффициент сопротивления, учитывающий поддрессоренную массу автомобиля:

$$h_{\Pi} = \frac{k}{M}; \quad (5)$$

где h_{Π} – коэффициент сопротивления подвески;

k – коэффициент сопротивления амортизатора;

M – масса, приходящаяся на данное колесо.

Однако наилучшую характеристику эффективного гашения колебаний кузова и колес автомобиля дает относительный коэффициент затухания подвески:

$$\Psi_{\Pi} = \frac{h_{\Pi}}{\omega} = \frac{k}{\sqrt{c_{\Pi}M}}; \quad (6)$$

где Ψ_{Π} – относительный коэффициент затухания;

ω – собственная частота колебаний подрессоренной массы;

c_{Π} – жесткость подвески.

При относительном коэффициенте затухания $\Psi_{\Pi} = 0,15...0,30$ обеспечивается эффективное гашение колебаний кузова и колес, а также высокая плавность хода автомобиля.

От эффективности гашения колебаний в подвеске также зависят тягово-скоростные свойства, устойчивость и безопасность движения автомобиля. Кроме того, скорость затухания колебаний существенно влияет на срок службы механизмов трансмиссии, упругих устройств подвески и шин, на изнашивание дорог, особенно щебенчатых, грунтовых и им подобных, имеющих недостаточно твердое поверхностное покрытие.

Тогда:

$$\Psi_n = \frac{k}{\sqrt{c \cdot G}}, \quad (7)$$

$$\Psi_n = \frac{k \cdot g}{\sqrt{c \cdot g \cdot G}}, \quad (8)$$

$$k = \Psi_n \cdot \sqrt{c \cdot G} = 0,25 \cdot \sqrt{18125 \cdot 3625} = 2026,44 \text{ Н с/м}, \quad (9)$$

$$k = 2 \cdot \Psi_n \cdot \frac{\sqrt{c \cdot G}}{g} = 2 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{\frac{18125 \cdot 3625}{9,81}} = 1552,78 \text{ Н с/м}, \quad (10)$$

$$\Psi_{\Pi} = \frac{2026,44}{\sqrt{18125,0 \cdot 3625,0}} = 0,25, \text{ что укладывается в пределы } 0,15...0,30.$$

$$h_{\Pi} = \frac{2026,44}{3625,0} = 0,56.$$

2.3 Прочностной расчёт деталей подвески

2.3.1 Расчёт упругого элемента подвески

В данном случае упругий элемент – это цилиндрическая пружина.

В данном конкретном случае рассмотрим вариант передней спроектированной подвески (рисунок 17).

Нагрузка на пружину выразится из формулы:

$$P_{\text{пр}} = \frac{(R_z - g_k) \cdot l}{a}, \quad (11)$$

где l – длина нижнего рычага, $l = 0,300$ м;

a – расстояние от нижней шаровой опоры до оси пружины,

$$a = 0,250 \text{ м};$$

R_z - реакция поверхности, $R_z = (1/2 \cdot 14500,0)/2 = 3625,0$ Н;

g_k - вес колеса, $g_k = 150,0$ Н.

$$P_{\text{пр}} = \frac{(3625,0 - 150,0) \cdot 0,300}{0,250} = 4170,0 \text{ Н} = 4,17 \text{ кН.}$$

Прогиб пружины определяется из равенства:

$$f_{\text{пр}} = \frac{f_k \cdot a}{l}. \quad (12)$$

Или данную формулу можно записать так:

$$f_{\text{пр}} = \frac{8 \cdot j_p \cdot D^3 \cdot P_{\text{пр}}}{d^4 \cdot G}, \quad (13)$$

"где i_p - число рабочих витков пружины, $i_p = 7$;

D - наружный диаметр пружины, принимаем $D = 0,160$ м;

d – диаметр прутка пружины, принимаем $d = 0,010$ м;

G - модуль упругости, для стальной проволоки

(сталь 65 или 65Г) $G = 5 \cdot 10^5$ МПа" [15].

$$f_{\text{пр}} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 0,160^3 \cdot 4170,0}{0,010^4 \cdot 5,0 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = 0,20 \text{ м} = 20,0 \text{ см.}$$

На рисунке 20 показан вид пружины и её характеристика.

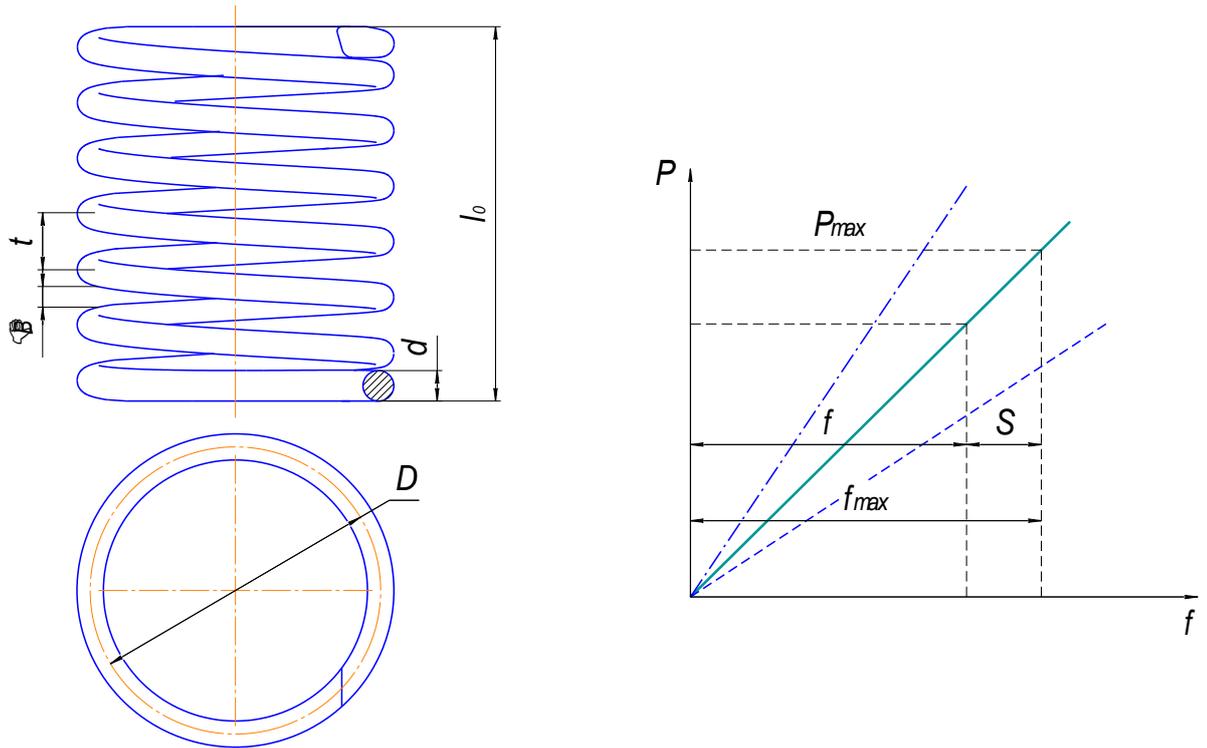


Рисунок 20 – Пружина сжатия и ее характеристика

Напряжение кручения:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{8 \cdot P_{\text{пр}} \cdot D}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 4170 \cdot 0,160}{3,14 \cdot 0,010^3} = 849,94 \text{ МПа,} \quad (14)$$

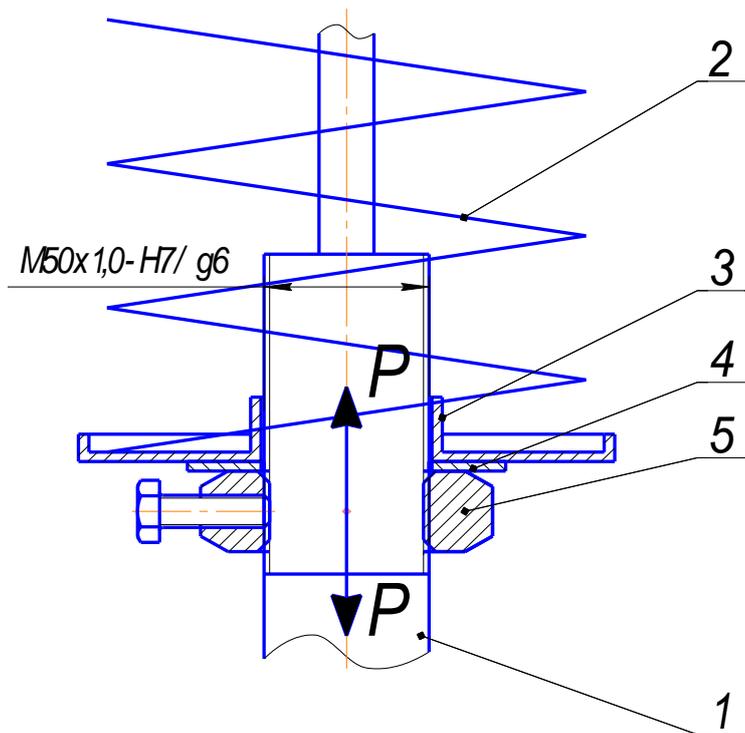
что укладывается в пределы 800...1100 МПа [15].

2.3.2 Расчёт резьбы на корпусе стойки подвески

Нижняя опора стойки амортизатора подвижная, перемещается при помощи гайки вверх и вниз (рисунок 21).

"Основным критерием работоспособности резьбовых соединений является прочность. Все стальные болты, винты, шпильки изготавливают

равнопрочными на разрыв стержня по резьбе, на срез резьбы и на отрыв головки, поэтому расчёт на прочность резьбового соединения обычно производится только по одному основному критерию работоспособности – прочности нарезной части стержня" [20]. На рисунке 21 изображена схема работы подвижной опоры.



1 – стойка амортизатора; 2 – пружина; 3 – чашка; 4 – шайба; 5 – гайка

Рисунок 21 – Схема работы подвижной нижней опоры

$$\sigma = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma], \quad (15)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, $d_1 = 0,048$ м;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение для материала корпуса

стойки амортизатора, МПа.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S}, \quad (16)$$

где σ_T - предел текучести, $\sigma_T = 640,0$ МПа [21];

S – коэффициент запаса прочности, $S = 1,5 \dots 2,5$ [20].

При проектном расчёте такого соединения определяется внутренний диаметр резьбы:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (17)$$

Тогда:

$$[\sigma] = \frac{640,0}{2,0} = 320,0 \text{ МПа};$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 4170,0}{3,14 \cdot 320,0 \cdot 10^6}} = 0,041 \text{ м.}$$

Назначаем метрическую резьбу M50x1,0-H7/g6.

2.3.3 Расчёт амортизатора с регулируемым демпфированием

Основная цель расчёта – определение параметров и выбор амортизатора по каталогу. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизированы (ГОСТ 11728 - 76).

"Основными определяемыми параметрами амортизатора являются:

- коэффициент аperiodичности;
- максимальные усилия при сжатии и отбое;
- критические движения поршня, при которых открываются клапаны;
- энергоёмкость и степень ее уменьшения при нагреве.

На начальном участке сила сопротивления определяется:

$$P_n = k_n \cdot V_n^m, \quad (18)$$

где V_n – скорость поршня;

m – показатель степени;

k_n – коэффициент сопротивления на начальном участке" [13].

$$P_{\text{н}}^{\text{отб}} = 0,15 \cdot 52,5^2 = 409,5 \text{ Н};$$

$$P_{\text{н}}^{\text{сж}} = 0,11 \cdot 35^2 = 136 \text{ Н}.$$

"Различают коэффициенты сопротивления при сжатии $K_{\text{н.с}}$ и при отбое $K_{\text{н.о}}$. У несимметричных они не равны" [20].

"Сопротивление сжатия принимается меньшим ($K_{\text{н.с}} = 0,2 \cdot K_{\text{н.о}}$), чтобы при наезде колеса на неровность и быстром сжатии амортизатора через него на раму не передавалось большое усилие" [20].

"Завышенное сопротивление отбоя может привести к отрыву колеса от дороги при высококачественном резонансе. При больших скоростях это опасно, поэтому на автомобилях малой грузоподъемности сопротивление сжатия и отбоя значительно меньше различаются и их, иногда, делают одинаковыми" [20].

На клапанном участке сила сопротивления определяется

$$P_{\text{к}} = P_{\text{н}}^{\text{л}} + \kappa_{\text{к}} \cdot (V_{\text{н}} - V_{\text{н}}^{\text{л}})^{m_{\text{л}}}, \quad (19)$$

"где $V_{\text{н}}^{\text{л}}$ – критическая скорость поршня, соответствующая открытию клапана" [13];

" $P_{\text{н}}^{\text{л}}$ – сопротивления, соответствующие началу открытия клапана" [13];

" $\kappa_{\text{к}}$ – коэффициент сопротивления на клапанном участке" [13].

$$P_{\text{к}}^{\text{отб}} = 409,5 + 0,15 \cdot (52,5 - 75)^2 = 285 \text{ Н},$$

$$P_{\text{к}}^{\text{сж}} = 136,5 + 0,11 \cdot (50 - 35)^2 = 161,25 \text{ Н}.$$

"Коэффициент сопротивления определяют тангенсами углов наклона характеристик" [13].

"Амортизатор с линейной характеристикой рассеивает мощность ($\tau=1$)" [20].

$$N_a = ((P^{сж}_H + P^{отб}_H) \cdot 30) / (2 \cdot 100); \quad (20)$$

$$N_a = ((136,5 + 409,5) \cdot 30) / (2 \cdot 100) = 81,9 \text{ Нм / с.}$$

"При нелинейной характеристике рассеиваемая мощность определяется площадью по кривой характеристике. Приравнивая мощность, рассеиваемую при сжатии N_c , мощности условного амортизатора с линейной характеристикой, можно найти среднее значение сопротивления хода сжатия" [14].

$$K_{ср.с} = 2 \frac{N_c^2}{V_c^2}, \quad (21)$$

$$K_{ср.с} = 2 \frac{81,9^2}{35^2} = 4.$$

Аналогично для хода отбоя:

$$K_{ср.о} = \frac{N_o^2}{V_o^2}, \quad (22)$$

$$K_{ср.о} = \frac{81,9^2}{75^2} = 1,19.$$

$$K_{ср.о} = (0,15...30) \cdot K_{ср.с}$$

Эквивалентный коэффициент сопротивления амортизатора определяется как средний для хода сжатия и отбоя:

$$K_3 = 0,5 (K_{ср.с} + K_{ср.о}), \quad (23)$$

$$K_3 = 0,5 (5,4 + 1,19) = 5,9.$$

"Характеристика амортизатора, приведена к колесу, зависит от кинематики направляющего устройства и угла наклона амортизатора. Показатель сопротивления, приведенный к колесу, определяется формулой:

$$n_n = k_3 \cdot i^2 \cdot \cos^2 \gamma, \quad (24)$$

где i – передаточное число установки амортизатора в подвеске;

γ – угол наклона амортизатора 40° , [20].

$$n_n = 5,9 \cdot 1^2 \cdot 1,53 = 9,17.$$

"По величине периодичности n_n определяется коэффициент апериодичности:

$$\psi_a = n_n / M_\omega = n_n / \sqrt{M_c}, \quad (25)$$

где M – масса подрессоренных частей" [20];

" ω – частота колебаний" [20].

$$\psi_a = 9,17 / (500 \cdot 0,15) = 0,12;$$

$$0,1 \leq \psi_a \leq 0,25.$$

Строим по расчетным значениям характеристику работы амортизатора (рисунок 22).

Проектируем наш амортизатор на основе амортизатора 2905006-13, который соответствует данным параметрам. Основные параметры и размеры телескопических амортизаторов стандартизированы (ГОСТ 11728 – 76).

Выбранный амортизатор имеет:

- запас прочности по напряжениям изгиба 1600,0 МПа;
- запас прочности по напряжениям кручения 700,0 МПа.

Полученные характеристики представляем в виде графика, рисунок 22.

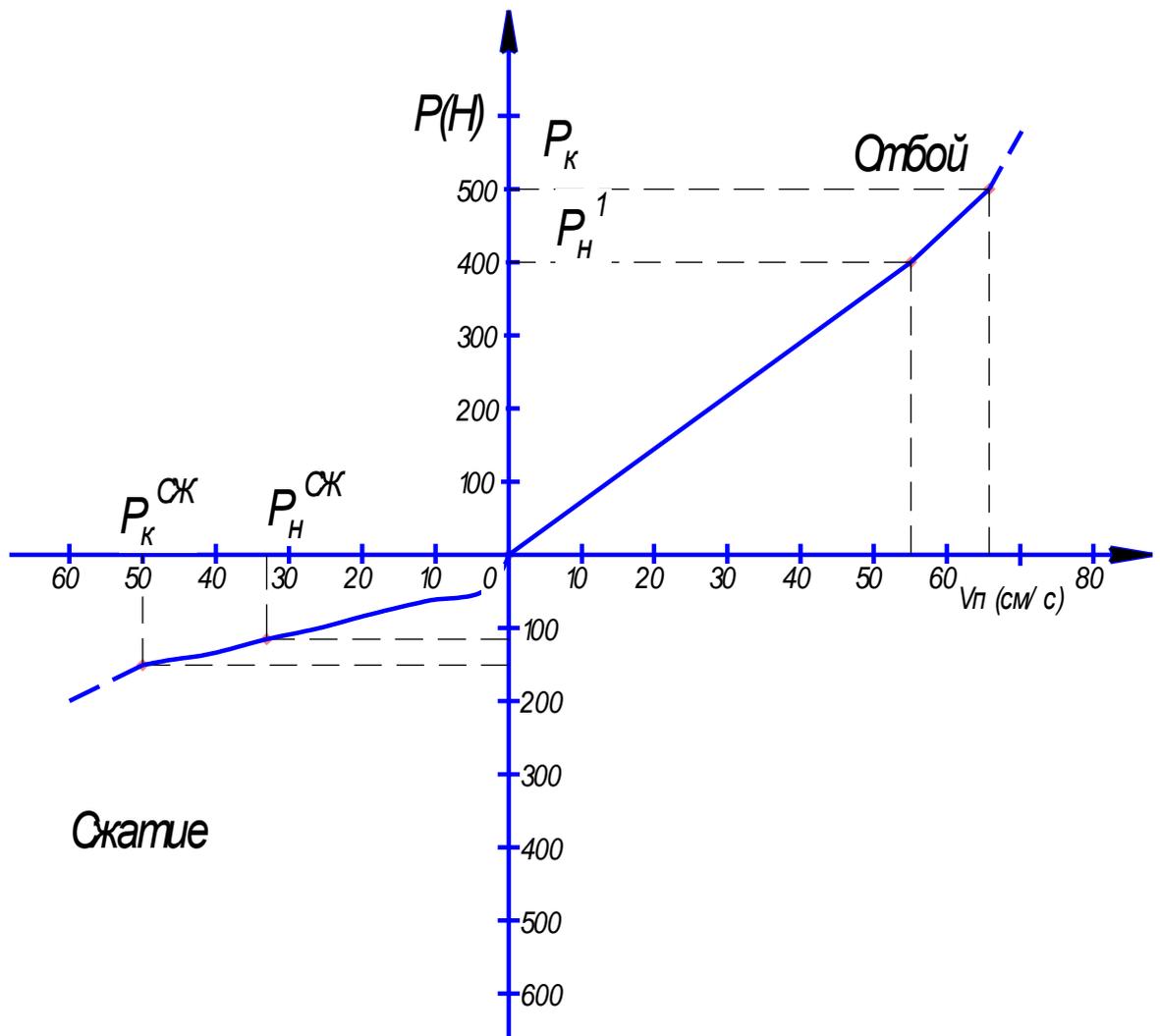


Рисунок 22 – Характеристика работы гидравлического амортизатора

2.4 Расчёт показателей плавности хода

Оценка плавности хода автомобиля. Плавность хода зависит не только от конструкции и его подвески, но и от качества дороги и скорости движения.

Цель работы: исследование плавности хода одной оси колесной машины. Рассматривается двухосная колесная машина, имеющая различные параметры. Она движется по дороге с определённой поверхностью. Предполагается, что подрессоренная и неподрессоренная массы распределяются в соответствии с распределением полной массы. Колебания

передней и задней части не оказывают влияния друг на друга.

2.4.1 Построение амплитудно-частотной характеристики

Сначала, необходимо определить массовые и жёсткостные параметры системы.

Определяем массу, приходящуюся на переднюю ось автомобиля:

$$M_a^0 = \frac{M_a \cdot k}{100\%} = 1450 \cdot \frac{60}{100} = 870 \text{ кг.} \quad (26)$$

где k – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на ось.

Определяем величину подрессоренной массы, приходящуюся на ось:

$$M^o = \frac{M \cdot k}{100\%} = \frac{1040 \cdot 60}{100} = 624,0 \text{ кг.}$$

Определяем величину неподдресоренной массы, приходящуюся на ось:

$$m = M_a^0 - M^o = 870 - 624 = 246 \text{ кг.} \quad (27)$$

Определяем жесткость подвески автомобиля по формуле:

$$C_p = \frac{M^o \cdot g}{f_{ст}} = \frac{624 \cdot 9,8}{0,14} = 43680 \text{ Н.} \quad (28)$$

Определяем жесткость шин автомобиля по формуле:

$$C_{ш} = \frac{(M^o + m) \cdot g}{h_z} = \frac{(624 + 246) \cdot 9,8}{0,0144} = 592083,33 \text{ Н.} \quad (29)$$

Прогиб шины h_z определим из выражения:

$$h_z = 0,12 \cdot H = 0,12 \cdot 0,185 \cdot 65\% = 0,0144 \text{ м.} \quad (30)$$

где H – высота профиля шины, м.

Определяем сопротивление амортизатора:

$$K = \frac{\Psi \sqrt{\frac{M^o \cdot C_p \cdot C_{ш}}{(C_p \cdot C_{ш})}}}{2} = \frac{0,32 \cdot \sqrt{\frac{624 \cdot 4368 \cdot 592083,33}{(43680 + 592083,33)}}}{2} = 806,12 \text{ Н/с.} \quad (31)$$

Вычисляем $\frac{\ddot{Z}}{q}$ по формуле:

$$\frac{\ddot{Z}}{q} = v^2 \cdot C_{III} \sqrt{\frac{K^2 \cdot v^2 + C_p^2}{[M \cdot m \cdot v^4 - (C_p \cdot m + C_p \cdot M + C_{III} \cdot M)v^2 + C_p \cdot C_{III}]^2 + K^2 \cdot v^2 [C_{III} - v^2(m+M)]^2}}. \quad (32)$$

Частоту возмущающей силы v возьмём в диапазоне от $\pi/2$ до 20π рад/с.

Результаты заносим в таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты расчета

Частота возмущающей силы, v (рад/с)	$\frac{\ddot{Z}}{q}, 1/c^2$
1,6	2,86
3,1	15,75
4,7	173,07
6,3	65,52
7,9	41,77
9,4	35,47
11	32,57
12,6	31,20
14,1	30,59
15,7	30,37
17,3	30,45
18,8	30,73
20,4	31,20
22	31,83
Частота возмущающей силы, v (рад/с)	$\frac{\ddot{Z}}{q}, 1/c^2$
23,6	32,61
25,1	33,47
26,7	34,53
28,3	35,74
29,8	37,04
31,4	38,60
33	40,36
34,6	42,36
36,1	44,48

Продолжение таблицы 4

37,7	47,05
39,3	49,98
40,8	53,13
42,4	57,00
44	61,52
45,6	66,85
47,1	72,78
48,7	80,37
50,3	89,67
51,8	100,46
53,4	114,98
55	133,75
56,5	156,62
58,1	188,17
59,7	226,71
61,3	263,51
62,8	276,97
64,3	258,93
Частота возмущающей силы, ν (рад/с)	$\frac{Z}{q}, 1/c^2$
65,8	223,52
67,3	187,94
68,8	158,58
70,3	135,65
71,8	117,83
73,3	103,84
74,8	92,65
76,3	83,57
77,8	76,06
79,3	69,78
80,8	64,45
82,3	59,87
83,8	55,91
85,3	52,44
86,8	49,39

По результатам расчета строим график (рисунок 23).

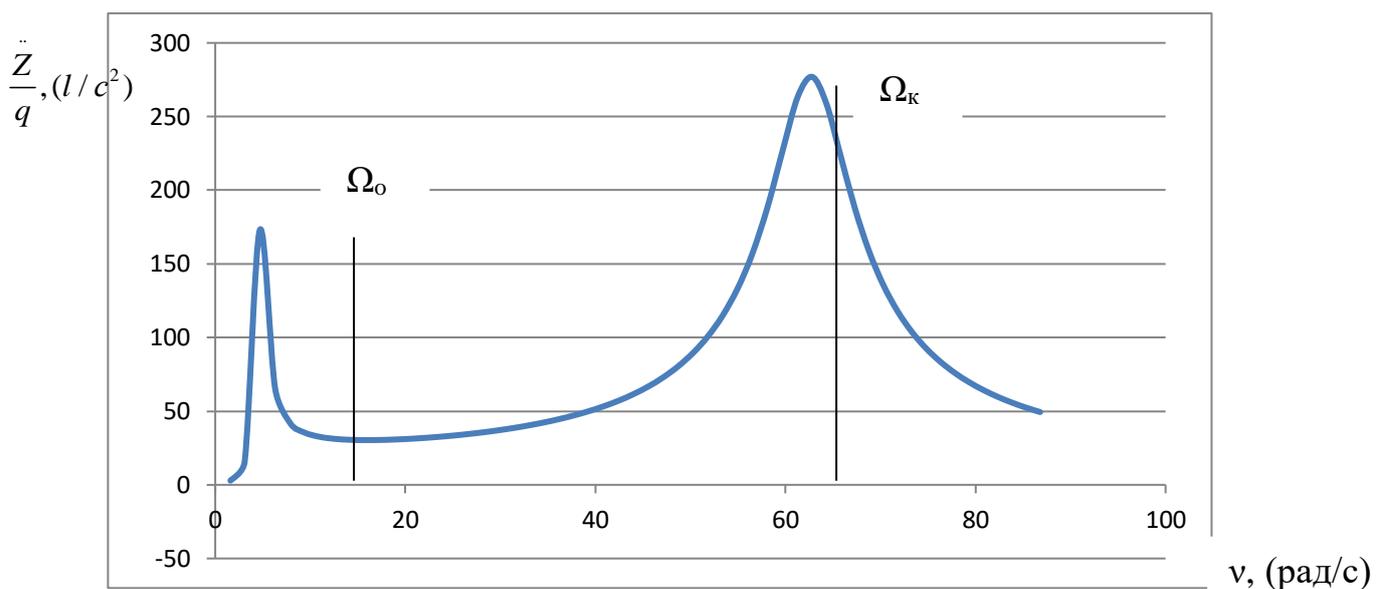


Рисунок 23 - Амплитудно-частотная характеристика подрессорной массы

Определяем по полученному графику (рисунок 23) низко- и высокочастотный резонансы для системы: $\Omega_0 \approx 7$ рад/с; $\Omega_K \approx 63$ рад/с.

2.4.2 Расчет характеристики плавности хода автомобиля

Определить среднеквадратическое значение ускорений можно по формуле, представленной в развернутом виде:

$$Z = a_1^2 \int_{v_1}^{v_2} S_z(v) dv + a_2^2 \int_{v_2}^{v_3} S_z(v) dv + a_3^2 \int_{v_3}^{v_4} S_z(v) dv + a_4^2 \int_{v_4}^{v_5} S_z(v) dv + a_5^2 \int_{v_5}^{v_6} S_z(v) dv. \quad (33)$$

Определим среднеквадратическое ускорение при движении автомобиля со скоростью 10 км/ч. Используем численный метод графического интегрирования. Тогда выражение примет вид:

$$Z = \sum_{i=1}^5 a_1^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_i. \quad (34)$$

Или в развернутом виде:

$$Z = a_1^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_1 + a_2^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_2 + a_3^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_3 + a_4^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_4 + a_5^2 \sum_1^n S_z(v)_n \Delta v_5. \quad (35)$$

В таблице 5 указан частный диапазон и шаг, на который разбивается диапазон.

Таблица 5 Частотный диапазон и шаг октавных чисел

Октавные полосы	1($v_1 \dots v_2$)	2($v_2 \dots v_3$)	3($v_3 \dots v_4$)	4($v_4 \dots v_5$)	5($v_5 \dots v_6$)
Диапазон частот					
Гц	0,7...1,4	1,4...2,8	2,8...5,6	5,6...11,2	11,2...22,4
рад/с	4,4...8,8	8,8...17,6	17,6...35,2	35,2...70,4	70,4...140,8
Коэф. весомости α_i	0,5	0,7	1,0	1,0	0,5

Вычислим выражение с учетом только первый двух октавных. т.к. остальные внесут незначительный вклад из-за высокого порядка малости величин.

Примем: $\Delta v_1=1,1$ - для первой полосы; $\Delta v_2=1,1$ - для второй полосы.

Вычислим выражение с учетом только первый двух октавных. т.к. остальные внесут незначительный вклад из-за высокого порядка малости величин.

Величина Δv_i - это шаг. на который разбивается диапазон октавных полос. Шаг Δv_i - можно выбрать произвольный или вычислить по формуле:

$$\Delta v_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{n}. \quad (36)$$

для каждой октавной полосы v_{i+1} и v_i - значения максимальной и минимальной частоты в диапазоне октавной полосы: n - количество шагов в диапазоне (чем больше шагов, тем точнее результат). Рекомендуется

использовать не менее трех шагов для каждой октавной полосы. По результатам расчета строим график (рисунок 24).

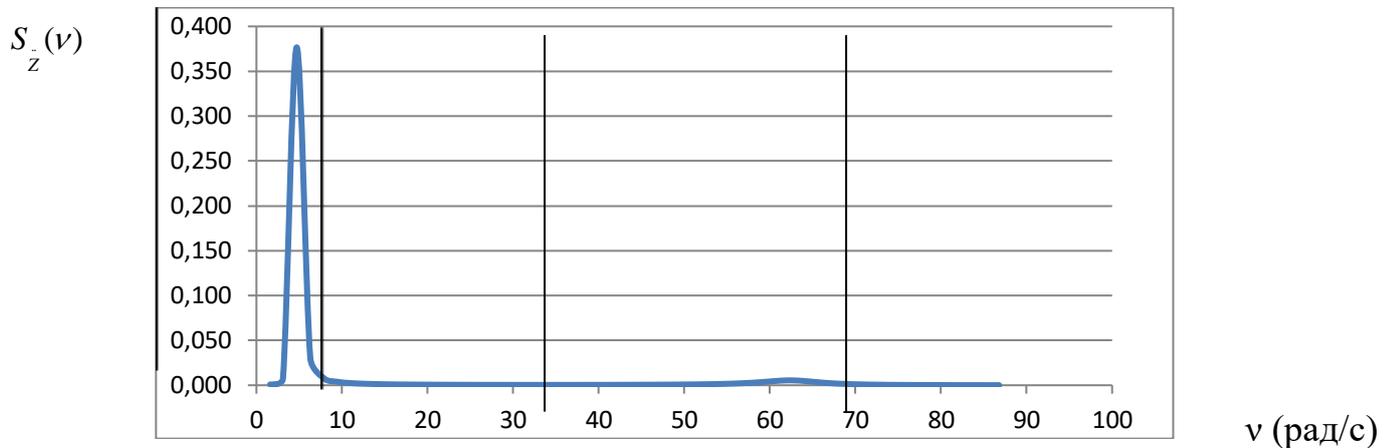


Рисунок 24- Спектральная плоскость ускорений по временной частоте для скорости 10 км/ч

$$Z = \sqrt{a_1^2 \sum_1^3 S_z(v)_n \Delta v_i + a_2^2 \sum_1^3 S_z(v)_n \Delta v_i} = \sqrt{0,5^2 \cdot (0,355 \cdot 1,1 + 0,155 \cdot 1,1 + 0,052 \cdot 1,1) + 0,7^2 \cdot (0,015 \cdot 1,1 + 0,009 \cdot 1,1 + 0,001 \cdot 1,1)} = 0,409. \quad (37)$$

Аналогично считаем для 40, 60,90 и 110 км/ч.

Полученные результаты сводим в таблицу 6 и строим график плавности хода автомобиля (рисунок 25).

Таблица 6 - Характеристика плавности хода

Скорость автомобиля V, км/ч	10	40	60	90	110
Среднеквадратические ускорения \ddot{Z} , м/с ²	0,409	0,813	1,037	1,319	1,444

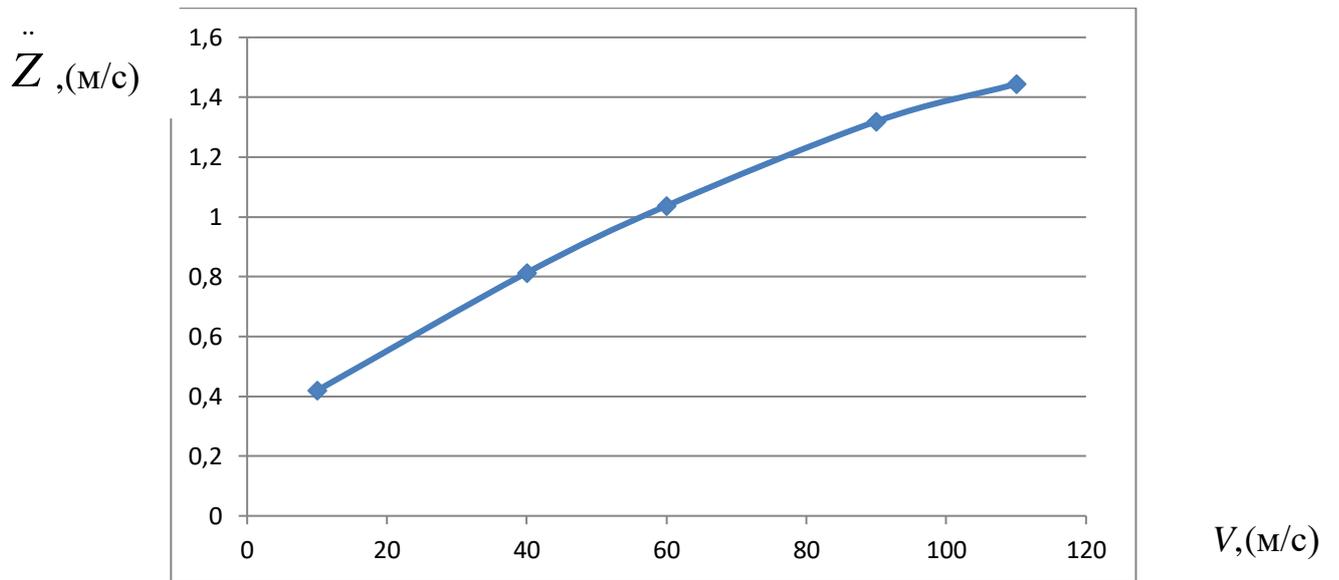


Рисунок 25 - Характеристика плавности хода для передней оси
автомобиля

3 Технологическая часть

3.1 Перечень операций технического обслуживания подвески

"Для обеспечения выполнения установленного перечня работ ТО на данном посту при нормативной затрате рабочего времени и расчетной продолжительности простоя на посту используются операционно-технологические карты. Они составляются на основании перечня операции ТО, трудоемкостей отдельных операций для конкретной модели автомобиля согласно второй части, которая является приложением. Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта"[16].

"Технологический процесс технического обслуживания представляет собой совокупность операций, которые выполняются в определенной последовательности с помощью различного инструмента, приспособлений и других средств" [5].

"Технологический процесс технического обслуживания оформляется в виде операционно-технологической или постовой технологической карты" [5].

"Операционно-технологическая карта отражает последовательность операций ТО или отдельных видов работ" [5].

"Постовая технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания, которые выполняются на одном из постов ТО" [5].

"Технологическая карта является и служит документом для технического контроля ТО" [5].

"Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ ТО;
- спец-пост зоны ТО (постовая карта);

- спец-звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию ТО;
- карта на рабочее место" [5].

"В процессе эксплуатации автомобиля происходит изнашивание элементов подвески, изменяются величины зазоров и натягов. В результате снижаются: управляемость, устойчивость, безопасность движения и надежность автомобиля. Для обнаружения неисправностей и восстановления работоспособности подвески автомобиля, необходимо производить работы по техническому обслуживанию и ремонту" [5].

На соответствующем листе графического материала представлена операционно-технологическая карта ТО подвески автомобиля.

Проводим ТО-1 подвески автомобиля категории М₁.

Операции следующие:

- Проверить состояние отбойников, рычагов, состояние шаровых опор;
- Проверить состояние винтовых пружин передней подвески;
- Подтянуть крепление узлов и агрегатов со стороны моторного отсека: верхнего крепления амортизаторов; опоры амортизаторов;
- Проверить состояние резиновых втулок рычагов передней подвески;
- Отрегулировать продольный наклон оси поворота стойки, развал и угол схождения передних колёс;
- Убрать автомобиль с поста.

В целях экономии времени на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей, целесообразно использовать подъемник.

3.2 Основные неисправности и диагностика подвески

Неисправности подвески могут быть следующими:

- излом пружины;
- усталость пружины (пружина проседает и перестаёт работать должным образом);

- износ уплотнительных элементов амортизаторной стойки (в результате амортизаторная жидкость вытекает и амортизатор перестаёт работать должным образом);

- "пробой" амортизаторной стойки (в результате амортизаторная жидкость вытекает и амортизатор перестаёт работать должным образом);

- падение давления или избыточное давление в шинах автомобиля;

- общий износ сопрягаемых соединений;

- изгибы рычагов.

Признаками, приводящими к неисправностям передней подвески могут служить:

- шум и стук при движении;

- подтекание жидкости из стойки или амортизатора;

- раскачивание кузова при движении по неровной дороге;

- крен кузова и увод с прямолинейного движения.

Шум и стук в подвеске при движении возникают при:

- ослабление креплений деталей подвесок;

- изнашивание резинометаллических шарниров, резиновых подушек, втулок и буферов;

- повреждение подшипниковых опор;

- неисправность стойки или амортизатора, осадка пружин.

"Ослабление креплений опор стоек, амортизаторов, креплений растяжек, стабилизатора поперечной устойчивости и других деталей устраняется подтяжкой их креплений. Вышедшие из строя детали заменяют" [5].

"Подтекание жидкости из стоек или амортизаторов и повышенное раскачивание кузова при движении говорит о неисправности данных деталей" [5].

"Крен кузова автомобиля возникает при осадке пружин подвесок. Для устранения крена производится проверка пружин и их замена. При

устранении крена кузова заменяют обычно обе пружины передней подвески" [5].

"Увод от прямолинейного движения вызван нарушением углов установки колес, разрушением одной из верхних опор телескопических стоек, неодинаковой упругостью пружин, разным давлением или разным изнашиванием шин" [5].

"Устраняются неисправности регулировкой углов установки колес, заменой разрушенной опоры или потерявшей упругость пружины, обеспечением нормального давления в шинах" [5].

"На участке по ТО и ремонту подвески амортизаторы проверяют на автомобиле, для чего применяют стенды различной конструкции. По принципу действия различают два вида стендов: с замером колебаний поддрессоренных масс; с замером колебаний неподдрессоренных масс. Второй принцип более прогрессивен, так как обеспечивает определение амортизации оси и колес, являющейся показателем безопасности движения" [5].

"Техническое состояние амортизаторов определяют по амплитуде колебаний совершаемых. Стенд состоит из двух платформ-вибраторов, размещенных на раме, и пульта управления с приводом для записи диаграммы колебаний. Амортизаторы испытывают поочередно. Для каждой марки автомобиля или типа амортизатора установлены контрольные значения максимальной амплитуды резонансных колебаний, с которыми сравнивают полученные на диаграмме записи" [5].

"Стенд К-113, приведенный на рисунке 26, по принципу действия аналогичен упомянутым конструкциям с проверкой и замером колебаний неподдрессоренных масс. Для таких стендов оценочный параметр - амплитуда резонансных колебаний. Если она менее 50 мм - размер А (рисунок 2.2), то амортизатор в хорошем состоянии, если более 50 мм - размер Б, амортизатор необходимо отремонтировать" [5].

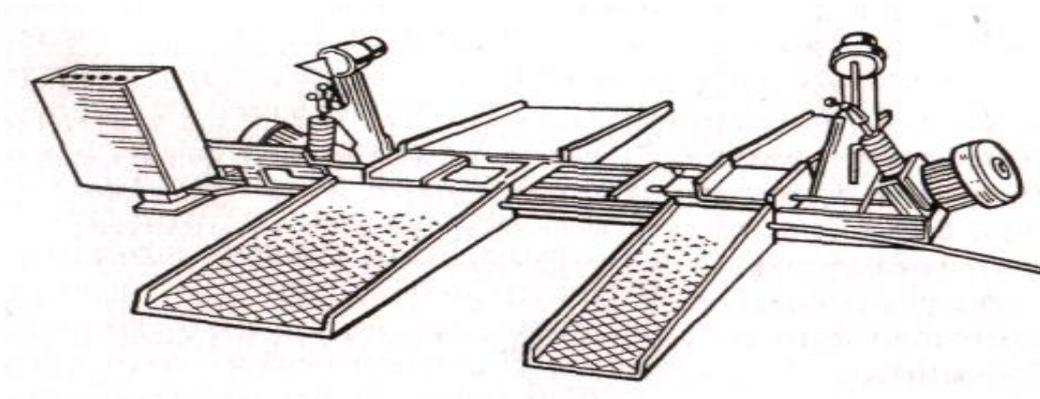


Рисунок 26 - Стенд для проверки состояния амортизаторов К-113

"При отсутствии стендов проверку проводят так: устанавливают автомобиль на эстакаду или смотровую канаву и раскачивают его за передний или задний бампер, прикладывая усилие 400...500 Н. При исправных амортизаторах число колебаний кузова не должно превышать трех. Выявленные в процессе осмотра изношенные резиновые втулки крепления амортизаторов и буферы сжатия необходимо заменить" [5].

"О необходимости замены резинометаллических шарниров свидетельствуют разрывы резины, одностороннее ее выпучивание, подрезание и износ резины по торцам шарниров, невозможность дальнейшей регулировки установки колес" [5].

"Технологическое оборудование по производственному назначению подразделяется на основное, комплектное, подъемно-осмотровое и подъемно-транспортное, общего назначения и складское" [5, 18].

"Стенд К-491 предназначен для проверки амортизаторов легковых автомобилей без их демонтажа с автомобиля. Стенд стационарный, электромеханический, потребляемая мощность 2,3 кВт" [17].

"Колебания подвеске задаются с помощью вибратора, рабочий ход толкателя которого 18,0 мм, а частота двойных ходов 15,3 Гц" [17].

"Принцип действия стенда заключается в принудительном возбуждении колебаний подвески с заданной частотой" [17].

Проверка амортизаторов на стенде осуществляется поочередно. Проверку можно проводить, начиная с любого амортизатора.

"Нажатием кнопки "Пуск" включается один из вибраторов. Через 2...3 с работы он выключается нажатием на кнопку "Стоп", при этом включается реле времени начала записи диаграммы. Через 10 с реле включает электродвигатель вращения диаграммного диска и начинается запись диаграммы. Через 15 с стенд автоматически выключается" [17].

"Тумблер стенда переключается во второе положение и аналогичным образом снимаются характеристики второго амортизатора" [17].

"Стенд Elkon L-100 (рисунок 27) стационарного типа, электромеханический. Индикация результатов измерений осуществляется на цифровом индикаторе и регистрируется в виде диаграммы на бумажной ленте самописца. Измеряется амплитуда колебаний, частота следования импульсов и интенсивность их затухания" [6].

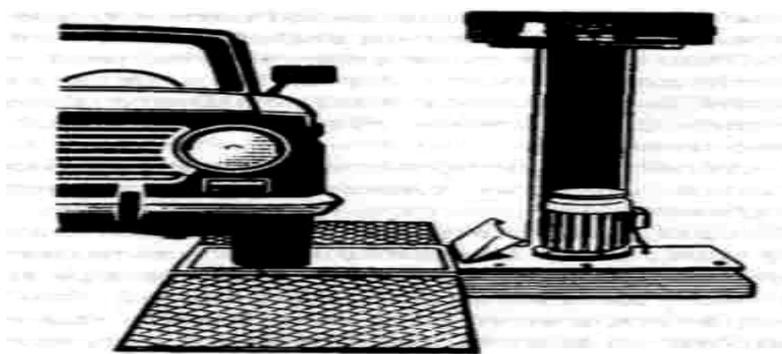


Рисунок 27 - Стенд для проверки амортизаторов Elkon L-100

"Состоит стенд из подвижной площадки и пульта индикации. Рекомендуется пост для проверки амортизаторов комплектовать двумя подвижными площадками" [6].

"Мощность приводных электродвигателей 2x1,5 кВт. Нагрузка на каждую подвижную площадку 200...1700 кгс" [6].

"Стенды фирмы "Boge" выпускаются в ФРГ (рисунок 28). Эти стенды имеют ход кривошипа ± 9 мм, частоту вращения вала приводного электродвигателя 945 мин^{-1} , минимальную нагрузку на ось 60 кгс, максимальную - 450 кгс, потребляемую мощность 1,4 кВт" [5].

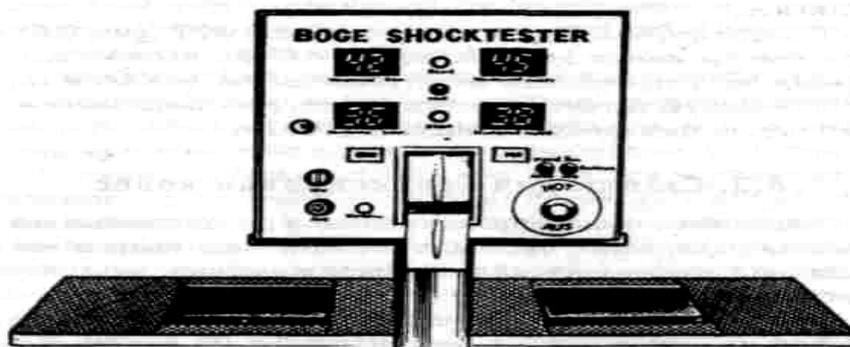
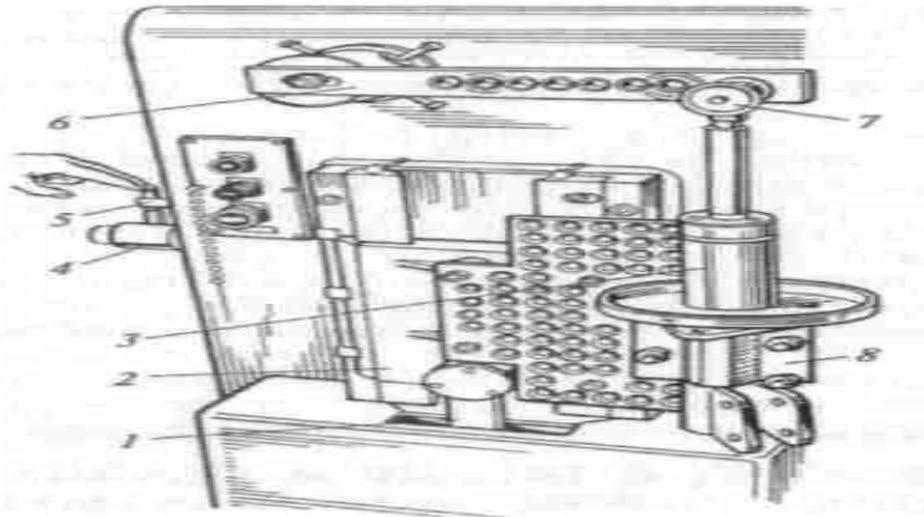


Рисунок 28 – Пульт индикации комбинированного стенда "Boge" для проверки амортизаторов

"Работоспособность амортизаторной стойки можно определить на динамометрическом стенде типа СИ-46, "Миллетто" (рисунок 29). Рабочая диаграмма снимается после выполнения не менее пяти рабочих ходов, при температуре рабочей жидкости 20°C , частоте рабочих ходов 1,67 Гц (100 циклов в минуту) и ходе поршня 100 мм. Кривые диаграмм, показанные на рисунке 30, должны быть плавными, без отклонений, свидетельствующих о недостаточном или избыточном количестве жидкости, ее низком качестве, а также о неправильной сборке стоек или о наличии дефектов клапанной системы. Сопротивление хода сжатия и отбоя определяется по наибольшим силам сопротивления А и В, полученным при снятии диаграмм. Требующиеся величины сил сопротивления приведены в технических характеристиках стоек и амортизаторов. Одновременно со снятием диаграмм проверяется герметичность сварных швов и уплотнений, а также шумность работы стоек и амортизаторов" [5].



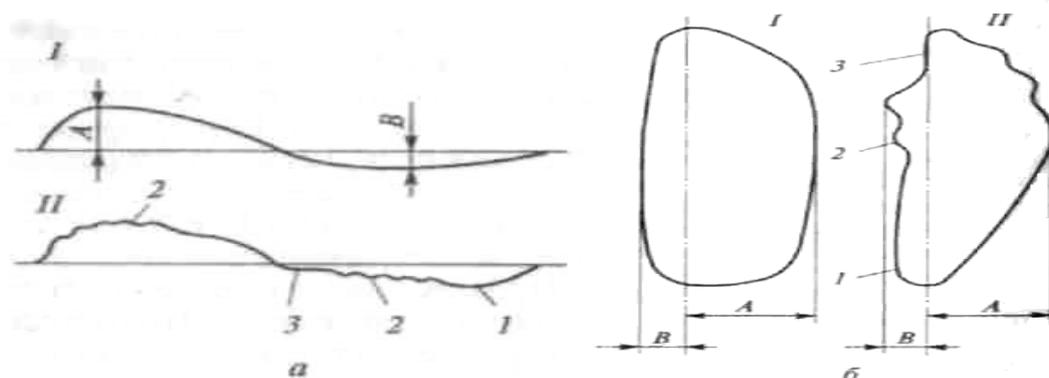
- 1 – шатун станда; 2 – ползун; 3 – амортизаторная стойка; 4 – барабан для записи диаграмм; 5 – записывающее устройство;
 6 – рычаг силоизмерителя (торсиона); 7 – крепление штока стойки;
 8 – крепление резервуара стойки

Рисунок 29 - Установка амортизаторной стойки на динамометрический стенд типа "Миллетто"

"При подборе оборудования пользуются "Табелем технологического оборудования", каталогами, справочниками" [16, 18].

При испытании штатных амортизаторов проверяется жёсткость только на одном режиме: режим "стандарт". Разработанные же амортизаторы проверяются сразу на четырёх режимах жёсткости: "спорт" (150%), "стандарт" (100%), "шоссе" (80%) и "комфорт" (30%).

На рисунке 30 изображены примерные формы диаграмм.



1 - диаграмма исправного амортизаторного элемента; 2 - диаграмма неисправного амортизаторного элемента; А - сила при отбое; В - сила при сжатии; 2 - избыточное количество жидкости ("подпор");

1 - эмульсированная (вспененная) жидкость; 2 - недостаточное количество жидкости ("провал")

Рисунок 30 - Примерные формы диаграмм проверки амортизаторных стоек (амортизаторов) на стендах типа СИ-46 (а) и типа "Миллетто" (б)

Спорт – наиболее жесткие амортизаторы, в данном случае имеется в виду жесткость на сжатие и на отбой. Такие амортизаторы применяются для машин, которые используются в спортивных гонках или чаще всего ездят на скорости. Их нужно применять в комплектации с более ужесточенными пружинами.

Шоссе – тоже достаточно жесткие детали, рассчитанные на увеличение жесткости на отбой. Они жёстче, чем стандартные амортизаторы и предназначены для частой езды по скоростным шоссе. Благодаря использованию этих амортизаторов водитель чувствует себя комфортно на любой скорости, так как автомобиль буквально прилипает к дороге.

Стандарт – рассчитанный на усилие сжатия и отбоя. Стандартный пакет заводских амортизаторов для обычной езды по дорогам.

Комфорт – жесткость рассчитана на усилие отбоя и наиболее популярна среди пользователей. Это золотая середина между ездой по городу

и бездорожью. С использованием данных амортизаторов Вы везде будете чувствовать комфорт.

"Стенд для тарирования пружин СТП-1 предназначен для статических и циклических испытаний пружин подвесок автомобилей категории М₁ их контроля при ревизии и ремонте (рисунок 31)" [17].

Достоинства данного стенда следующие:

- содержит гидравлический привод сжатия пружины;
- содержит устройство плавного регулирования усилия сжатия пружины;
- содержит устройство автоматического отключения гидростанции высокого давления при достижении заданного усилия;
- содержит устройство регулирования скорости нарастания усилия сжатия;
- погрешность оценки величины деформации пружины $\pm 0,5$ мм.

По специальному заказу может укомплектовываться электронными приборами для оценки величин деформации (сжатия, растяжения) и усилий.



Рисунок 31 - Стенд для тарирования пружин СТП-1

Технические характеристики стенда:

- минимальное усилие сжатия, кгс – 32;
- диапазон наружных диаметров пружин, мм – 50...150;
- высота в свободном состоянии пружин, мм – 30...320;

- регулировка усилия сжатия – плавная;
- 5.габаритные размеры стенда, мм – 660x560x1700;
- габаритные размеры гидростанции, мм – 550x550x450 мм.

"Стенд для испытаний и тарирования пружин подвески автомобилей категории М₁ ПКТБА-СИ-25М (рисунок 32)" [19].

Стенд ПКТБА-СИ-25М обеспечивает:

- трехкратное сжатие пружины в автоматическом режиме на заданную деформацию с замером остаточной деформации;
- трехкратное сжатие пружины заданной нагрузкой и замером остаточной деформации;
- сжатие пружины максимальной нагрузкой и замер осевого перемещения;
- замер развиваемого усилия при заданной деформации пружины.

Испытываемые изделия:

- пружины;
- Ø 25...300 мм;
- высота 50...500 мм;
- диапазон контролируемых нагрузок от 5 до 10 000 кг.



Рисунок 32 - Стенд для испытаний и тарирования пружин подвески автомобилей категории М₁ ПКТБА-СИ-25М

"Технические характеристики стенда:

- максимальное усилие зажима, т - 10;
- наружный диаметр испытываемых пружин, мм - 25...300;
- высота пружин в свободном состоянии, мм - 50...500;
- диапазон контролируемых нагрузок, кг - 5...10000;
- максимальный ход траверсы, мм - 580;
- питание, В/Гц - 380 / 50;
- мощность двигателя, кВт - 4,0;
- габаритные размеры стенда, мм - 780x940x2100;
- габаритные размеры пульта управления, мм - 600x480x1160;
- масса, кг – 1100" [19].

"Стенд для испытаний и тарирования пружин подвесок автомобилей категории М₁ СИП - 25/300У предназначен для статических и циклических испытаний винтовых пружин сжатия подвесок автомобилей категории М₁ (рисунок 33)" [19].



Рисунок 33 –Стенд для испытаний и тарирования пружин подвесок автомобилей категории М₁ СИП - 25/300У

"Стенд обеспечивает:

- 3-х кратное сжатие пружины в автоматическом режиме с последующим замером остаточной деформации;

сжатие пружины максимальной нагрузкой и замер осевого перемещения;

- замер развиваемого усилия при заданной деформации пружины;

- два варианта управления стендом на выбор: с программатора; с персонального компьютера с возможностью архивирования и распечатки данных испытаний;

- тип систем измерения - электронный с цифровой индикацией.

Технические характеристики стенда:

- тип привода – электромеханический;

- испытуемое изделие – пружина сжатия;

- наружный диаметр, мм – 22...225;

- высота пружины в свободном состоянии, мм – 100...500;

- диапазон контрольных нагрузок, кг – 10...10000;

- диапазон контролируемых перемещений, мм – 0...150;

- питание – от сети 380 В, 50 Гц;

- мощность двигателя, кВт – 4,0;

- габаритные размеры, мм – 800x600x1620;

- масса, кг – 500" [19].

Машина для испытания пружин TLS-S10000II/20000II предназначена для статических испытаний винтовых и цилиндрических пружин на сжатие и растяжение. Принцип действия машин заключается в деформировании испытываемой пружины до заданной высоты (для пружин сжатия) или заданной длины (для пружин растяжения) с измерением в этом положении величины нагрузки. Измерение приложенной нагрузки производится тензометрическим датчиком силы, а для измерения деформации пружины серии TLS-S-II применяется система измерения перемещения в составе высокоточного фотоэлектрического датчика перемещения. Результат измерения после обработки и вычисления выводится на цифровой дисплей.

Машины серии TLS-S-II нагружаются электроприводом в автоматическом режиме по введенному оператором-лаборантом алгоритму испытания пружины (несколько контрольных точек), также возможен и ручной режим нагружения (рисунок 34).

Машина выполнена в настольном варианте до нагрузки в 5000 Н (500 кг), и напольном исполнении для нагрузки в 10000 Н (1000 кг) и 20000 Н (2000 кг). Машина применяется в лабораториях машиностроительных заводов, научно-исследовательских институтов, учебных заведениях, а также на заводах занятых производством и контролем пружин.



Рисунок 34 - Машина для испытания пружин TLS-S10000II/20000II

Технические характеристики серии TLS-S20000II:

- максимальная нагрузка, Н – 20000;
- диапазон измерения, % - 4...100;
- минимальная нагрузка, Н – 0,10;
- дискретность нагрузки, Н – 0,01;
- максимальное расстояние между компрессионными пластинами, мм – 1000;
- максимальный ход подвижной траверсы, мм – 1000.

Немаловажную роль при проведении технического обслуживания и ремонта подвески играют развал и сходжение передних колёс автомобилей. Для этой цели сегодня разработано большое количество стандов.

Один из наиболее распространённых стандов – стенд сход-развал T4214 N (производитель Технокар), изображённый на рисунке 35.



Рисунок 35 – Стенд сход-развал T4214 N

Модификации прибора T4214 N – оснащаются 6 датчиками поворота и 8 датчиками измерителями вертикальных углов. Измерительные блоки прибора T4214 N оснащены электронными уровнями и подключаются к компьютерной стойке посредством кабелей.

Особенности модели:

- 6 CCD камер и 8 датчиков измерителей вертикальных углов;
- измерительные блоки оснащены электронными уровнями и подключаются к компьютерной стойке посредством кабелей;
- новейшие магнитно-резистивные датчики поворота и наклона с термокомпенсацией увеличивают точность и надежность изделия в целом;
- цифровая передача данных на центральный компьютер позволила еще больше увеличить стабильность работы;
- связь между компьютером через USB - порт повышает скорость обмена информацией;

- применение 12-ти разрядного АЦП увеличивает точность обработки сигнала датчиков;

- возможность регулировки продольного угла в реальном времени и наличие режима регулировки автомобиля с вывешенными колесами облегчает и ускоряет работу оператора.

Технические характеристики:

- назначение – для регулировки и проверки схода и развала колёс автомобилей категории М₁;
- диаметр диска – 11...24¹;
- вес – 200 кг;
- объём – 1,13 м³.

4 Определение технико-экономических показателей проекта

"Затраты на изготовление передней винтовой подвески применительно к ТС категории М₁ определяем по формуле :

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{о.н}}, \quad (38)$$

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

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

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

$C_{\text{сб.п}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, руб.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.

Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (39)$$

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

$C_{\text{к}}$ - средняя стоимость 1 кг готовых деталей, руб./кг" [2,26].

При изготовлении используем корпусные детали (таблица 7).

Таблица 7 – Стоимость изготовления корпусных деталей [1]

Наименование детали	Марка металла	Масса материала, кг.	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Передняя балка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	6,0	125,0	750,0
Рычаг поперечный	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	1,50	125,0	187,50
Итого:	-	7,50	-	937,50

Итак, из таблицы 7, стоимость изготовления корпусных деталей составит 937,50 руб.

"Тогда по формуле (32) стоимость корпусных деталей:

$$C_{к.д} = 6,0 \cdot 125,0 + 1,50 \cdot 125,0 = 937,50 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_{м}, \quad (40)$$

где $C_{прн}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, руб.;

$C_{м1}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб" [2,26].

В таблице 8 рассчитана средняя трудоёмкость на изготовление деталей.

Таблица 8 – Средняя трудоёмкость на изготовление оригинальных деталей [1]

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Трудоёмкость изготовления одной единицы, чел.-ч	Суммарная трудоёмкость изготовления, чел.-ч
Пружина	Сталь 65 ГОСТ 1055-88	4	5,5	0,35	$4 \cdot 0,35 = 1,40$
Отбойник	Резина ГОСТ 7338-90	2	1,0	0,25	$2 \cdot 0,25 = 0,50$
Втулка	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	2	0,50	0,15	$2 \cdot 0,15 = 0,30$
Чашка	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2	1,50	0,25	$2 \cdot 0,25 = 0,50$
Манжета	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	0,15	$2 \cdot 0,15 = 0,30$
Направляющая шайба	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	4	2,0	0,25	$4 \cdot 0,25 = 1,0$
Пыльник	Резина ГОСТ 7338-90	2	0,50	0,30	$2 \cdot 0,30 = 0,60$
Итого:	-	-	-	-	4,60

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Кировской области на 2022 год, которая составляет 5554,0 руб. (МРОТ для Кировской области с 1 января 2022 года составляет 5 554 рублей в месяц – это официальная документированная информация).

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Кировской области для первого разряда: $5554,0/(7 \cdot 21) = 38,0$ руб./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $38 \cdot 1,42 = 53,96$ руб.

Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{пр}} = t \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_t, \quad (41)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, (в данном случае изготавливаем следующие оригинальные детали: пружины – 4 шт; отбойники – 2 шт; манжеты – 2 шт; чашки – 2 шт; пыльники – 2 шт; направляющие шайбы – 4 шт; втулки – 2 шт.), чел.-ч;[2]

$$\begin{aligned} t &= 4 \cdot t_{\text{пр}} + 2 \cdot t_{\text{отб}} + 2 \cdot t_{\text{манж}} + 2 \cdot t_{\text{чаш}} + 2 \cdot t_{\text{пыл}} + 4 \cdot t_{\text{нап}} + 2 \cdot t_{\text{вт}} = \\ &= 4 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 = \\ &= 4,60 \text{ чел.-ч.}; \end{aligned}$$

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, руб./ч;[2]

K_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, $K_t = 1,025 \dots 1,030$.

Из формулы (3.4) получим:

$$C_{\text{пр}} = 4,6 \cdot 53,96 \cdot 1,03 = 255,66 \text{ руб.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_d = ((5 \dots 12) \cdot C_{пр}) / 100, \quad (42)$$

Подставив числовые значения в формулу (3.5), получим:

$$C_d = 10,0 \cdot 255,66 / 100 = 25,56 \text{ руб.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = (30,0 \cdot (C_{пр} + C_d)) / 100, \quad (43)$$

Подставив числовые значения в формулу (36), получим:

$$C_{соц} = (30,0 \cdot (255,66 + 25,56)) / 100 = 84,37 \text{ руб.};$$

$$C_{пр} = 255,66 + 25,56 + 84,37 = 365,59 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов приводим в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	255,66
Дополнительная заработная плата	25,56
Начисления на заработную плату	84,37
Итого:	365,59

Вывод: как видно из таблицы 9 заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 365,59 руб.

"Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_m = Ц \cdot Q_з, \quad (44)$$

где Ц – цена 1 кг материала заготовок, руб./кг"[2,17];

$Q_з$ – масса заготовки, кг.

Подставив числовые значения в формулу (37), получим:

$$C_m = 175 \cdot 5,5 + 200 \cdot 1 + 200 \cdot 0,5 + 125 \cdot 1,5 + 200 \cdot 0,5 + 125 \cdot 2 + 155 \cdot 0,5 =$$

$$= 1877,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчётов представим в виде таблицы 10.

Таблица 10 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей [1]

Наименование детали	Количество, шт.	Марка металла	Масса материала, кг.	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Пружина	4	Сталь 65 ГОСТ 1055-88	5,5	175,0	962,50
Отбойник	2	Резина ГОСТ 7338-90	1,0	200,0	200,0
Втулка	2	Сталь 45 ГОСТ 1055-88	0,50	155,0	77,50
Чашка	2	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	1,50	125,0	187,50
Манжета	2	Резина ГОСТ 7338-90	0,50	200,0	100,0
Направляющая шайба	4	Ст5сп1 ГОСТ 535-2005	2,0	125,0	250,0
Пыльник	2	Резина ГОСТ 7338-90	0,50	200,0	100,0
Итого:	-	-	-	-	1877,50

Из формулы (33) получим:

$$C_{o,d} = 255,85 + 25,59 + 84,43 + 1877,5 = 2243,37 \text{ руб.}$$

Полученные затраты представляем в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Затраты на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей	365,59
Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей	1877,50
Итого:	2243,09

Вывод: как видно из таблицы 11 затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 2243,09 руб.

"Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{\text{он}} = (C'_{\text{пр}} \cdot R_{\text{он}}) / 100, \quad (45)$$

где $C'_{\text{пр}}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, руб.;

$R_{\text{он}}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %.

$$C'_{\text{пр}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{сбп}}. \quad (46)"$$

Подставив числовые значения в формулу (39), получим:

$$C'_{\text{пр}} = (255,66 + 25,56) + (194,53 + 19,45) = 495,20 \text{ руб.}$$

Подставив числовые значения в формулу (38), получим:

$$C_{\text{он}} = (495,20 \cdot 15) / 100 = 74,28 \text{ руб.}$$

"Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 12" [25].

Таблица 12 - Затраты по статье "материалы" на конструкторскую разработку

Значение	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Шаровая опора	2	350,0	700,0
Ступица переднего колеса в сборе с колесом	2	2250,0	4500,0
Стойка амортизатора	2	1650,0	3300,0
Опорный подшипник	2	450,0	900,0
Болт М12х1,75-60	4	15,0	60,0
Шайба 12	8	5,0	40,0
Гайка М12х1,75	4	6,0	24,0
Гайка М14х1,5	2	7,0	28,0
Итого:			9552,0

$$C_{п.д} = 700,0 + 4500,0 + 3300,0 + 900,0 + 60,0 + 40,0 + 24,0 + 28,0 = 9552,0 \text{ руб.}$$

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости нашей разработки.

По формуле (31) находим затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 937,50 + 2243,09 + 278,17 + 74,28 + 9552,0 = 13085,04 \text{ руб.}$$

Все полученные затраты представляем в виде таблицы 13.

Таблица 13 - Затраты на изготовление конструкторской разработки

Обозначение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	937,50
Стоимость оригинальных деталей	2243,09
Общая заработная плата на сборку	278,17
Общепроизводственные накладные расходы	74,28
Стоимость покупных изделий	9552,0
Итого:	13085,04

Вывод: как видно из таблицы 13 общие затраты на изготовление конструкции равны 13085,04 руб. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий стоимость монтажа): $13085,04 \cdot 1,125 = 14720,67$ руб.

"Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = (T_c - T_n) \cdot 12 \cdot C_ч + \mathcal{E}_к, \quad (47)$$

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

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

$\mathcal{E}_к$ – экономия денежных средств при использовании

конструкции;

12 – количество месяцев в году;

$C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по 4-у разряду,

$$C_{\text{ч}} = 53,96 \text{ руб./ч"}$$

"Экономия денежных средств достигается за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости при применении новой технологии. А снижение трудоёмкости в свою очередь и выливается в экономию денежных средств" [25].

Подставив числовые значения в формулу (40), получим:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = (8,0 - 5,0) \cdot 12 \cdot 53,96 + (21000,0 - 14720,67) \text{ руб.} = 8221,89 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле [2]:

$$O_{\text{ок}} = C_{\text{кон}} / \mathcal{E}_{\Gamma}, \quad (48)$$

Подставив числовые значения я в формулу (41), получим:

$$O_{\text{ок}} = 14720,67 / 8221,89 = 1,79 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_{\Gamma} - 0,15 \cdot C_{\text{кон}}, \quad (49)$$

Подставив числовые значения в формулу (42), получим:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 8221,89 - 0,15 \cdot 14720,67 = 6013,79 \text{ руб.}$$

Результаты расчета вносим в таблицу 14

Таблица 14 – Результаты расчета

Показатели	Ед. изм.	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	руб.	21000,0	14720,67
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.·ч	8,0	5,0
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	-	8221,89
Годовой экономический эффект	руб.	-	6013,79
Срок окупаемости	год.	-	1,79

По данным таблицу 14 делаем вывод, что годовая экономия достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости и составляет 8221,89 руб., а срок окупаемости равен 1,79 года, что допустимо в данной конструкции.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

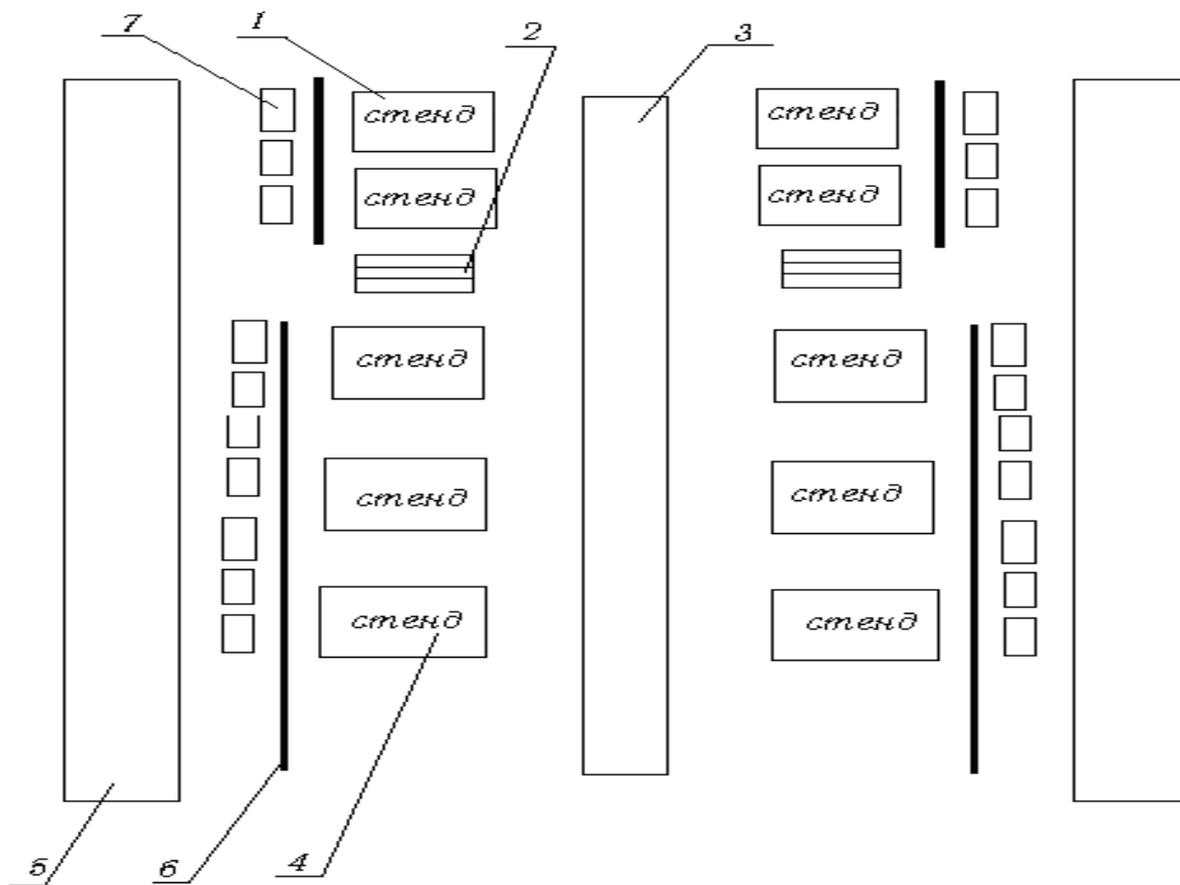
Тема дипломного проекта - "Модернизация передней подвески автомобиля Лада Гранта". В рамках данной темы был представлен план участка ТО передней подвески, который показан на рисунке 36.

Элементы конструкции доставляются к месту, прочие детали и крепежные изделия находятся в контейнерах.

Наименование оборудования и перечень работ с ними отображен в таблице 15.

Таблица 15 Оборудование и выполняемые работы

Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
Стенды для диагностики передней подвески. Ключи накидные и рожковые Отвертки крестовые и плоские Растяжки пружинные	1.Проверка деталей передней подвески.
Верстак	1.Установка деталей прошедших проверку на стендах.
Стенды для диагностики передней подвески. Ключи накидные и рожковые Отвертки крестовые и плоские Растяжки пружинные	1.Сборка передней подвески по технологическому процессу



1,4–стенд для диагностики элементов подвески; 2–верстак;
 3 – место для подъема тс; 5–путь доставки контейнеров с запчастями; 6– ограждение;
 7–контейнеры с запчастями

Рисунок 36–План участка ТО

Вредные и опасные производственные факторы, присутствующие при этапе сборки.

Во время сборки часто возникают факторы производства, которые оказывают влияние на человека. Далее, рассмотрим их.

Механические травмы.

Источники механических травм на рассматриваемом участке сборки:

- Травмы рук получаемые при нарушении требований безопасности во время работы со стендами. Травмы данного характера исключены в случае точного соблюдения мер безопасности и исправности оборудования.

- Травмы при падении деталей.

Травмы данного характера исключены за счет соблюдения требований

безопасности. Чтобы уменьшить риски получения данных травмы, рекомендовано:

- одновременно работать только с одним типом устройства;
- собранные детали устройств класть в специально отведенное место;
- детали и механизмы относящиеся непосредственно к этапу полной сборки, должны храниться в контейнерах.

Уровень вибрации.

Источники вибрации на рассматриваемом участке отсутствуют

Ионизирующие излучения.

Источников ионизирующих излучений нет.

Климатические условия.

Климатические условия на рассматриваемом участке сборки:

- температура;
- влажность;
- скорость ветра.

Требования к климатическим условиям в помещении зависят от условий окружающей среды.

В теплое время с температурой +10 °С и более на участке ТО рекомендуется:

- температура +20...+22°С;
- влажность воздуха 40...60%;
- скорость ветра не более 0,4м/с.

В холодное время с температурой +10°С и менее на участке ТО рекомендуется:

- температура +17...+19°С;
- влажность воздуха 40...60%;
- скорость ветра не более 0,3м/с.

Уровень освещенности.

Освещение на участке ТО совмещенное:

- Естественное:
- Через окна.
- Искусственное:
- Лампы дневного света;
- местное.

Поражение электрическим током.

Поражение электрическим током и получение электро-травмы на участке ТО возможно в следующих случаях:

- При неисправности проводки освещения.

По уровню опасности поражения электрическим током помещение участка сборки относится к 3 классу – малоопасные помещения.

Токсичные вещества.

В процессе сборки используются смазки Литол-24 и ФИОЛ-1, которые не относятся к токсичными.

Взрыва- и пожара-опасность.

Участок ТО является помещением без повышенной опасности и относится к категории "Д".

В таблице 16 приведены наименования опасных и вредных производственных факторов, а также виды работ при которых встречаются данные производственные факторы.

Таблица 16–Опасные и вредные производственные факторы

Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции, при которых встречается данный производственный фактор
Движущиеся детали машин и механизмов	травмы рук при работе со станком; травмы при падении деталей;
Опасный уровень напряжения в электрической сети	Проводка освещения
Напряжение зрительных анализаторов	все виды ручного труда при сборке передней подвески
Монотонность труда	Использование ручного труда на операциях сборки передней подвески

Воздействие выше перечисленных факторов на человека.

"Травмы, которые могут вызвать повреждения: поражения кожи; поражения мягких тканей; поражения костей; поражения внутренних органов.

Последствия травм: потеря работоспособности; инвалидность" [16].

"Не подходящий климат: простудные заболевания; тепловой удар; обезвоживание; повышенную утомляемость; потерю производительности" [16].

Плохое освещение: переутомление; падение зрения; высокая утомляемость; ухудшение качества работ; опасность ошибочных действий.

5.2 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

Организационные мероприятия.

Перед допуском к работе администрация предприятия должна провести следующие виды инструктажа:

- Вводный инструктаж.

"Вводный инструктаж проводится для всех поступающих на работу".
"Его проводит инженер по охране труда. Вводный инструктаж бывает различных видов: по технике безопасности, по пром-санитарии, по пожарной

безопасности, и так далее. Данные по прохождению инструктажа вносятся в личную карточку работника, которая хранится у мастера. В карточку вносятся следующие данные: дата проведения инструктажа, вид и объем инструктажа, подписи инструктируемого и инструктора, учет несчастных случаев, микротравм и нарушений правил техники безопасности" [7].

"В ходе вводного инструктажа освещаются общие вопросы безопасности на производстве, правила ношения спецодежды, правила перемещения по производственному помещению, правила пожарной безопасности, местонахождение средств пожаротушения, правила пользования ими, порядок вызова пожарных бригад и скорой помощи. Также инструктируемый осведомляется о своих правах при получении травм" [7,8].

- Первичный инструктаж.

"Первичный инструктаж проводится для рабочих, которые приступают к данному виду работ в первый раз". "Его производит непосредственный руководитель работ".

"В ходе первичного инструктажа работнику объясняются правила работы на его рабочем месте, доводится распорядок рабочего времени, показывается местонахождение средств пожаротушения. После проведения инструктажа работник в течении нескольких смен выполняет работу под наблюдением мастера или бригадира, после чего оформляется допуск к самостоятельной работе" [7,8].

- Повторный инструктаж.

"Повторный инструктаж проводится не реже чем раз в полгода со всеми работниками". "Рекомендуется проводить один раз в квартал".

- Внеплановый инструктаж.

"Внеплановый инструктаж проводится в случае внесения изменений в тех процесс или при нарушениях работниками инструкций по охране труда".

- Текущий инструктаж.

"Текущий инструктаж проводится перед проведением работ, на

которые оформляется наряд-допуск". "В ходе этого инструктажа освещаются особенности работы и техники безопасности при ее выполнении".

Планировочные мероприятия.

"К планировочным мероприятиям относится оптимальное размещение рабочих мест на участке, которое обеспечивает:

- Удобный доступ работника к рабочему месту, к рабочему инструменту и к контейнерам с деталями;
- Оптимизированный по времени и безопасный для работника процесс обеспечения запчастями и отгрузки собранного изделия;
- Продуманная планировка участка, обеспечивающая возможность срочной эвакуации работников в случае возникновения нештатных ситуаций;
- Минимизированная опасность воздействия на работника опасных и вредных производственных факторов (шум, вибрация, возможность поражения электрическим током, и так далее) при отсутствии их использования на этом рабочем месте" [7,8].

Технические мероприятия.

"На участке сборки подвески должны быть проведены следующие технические мероприятия:

- С целью соответствия условий труда требованиям нормативной документов должен быть проведен грамотный подбор систем освещения, вентиляции, поддержания климатических условий, защитного заземления;
- Кроме защитного заземления в электро-цепях рекомендуется реализовать электрическое разделение сетей с защитным отключением и дополнительной изоляцией;
- С целью уменьшения уровня шумов и вибраций нужно производить планировку рабочих мест крайне рационально, при необходимости используя экранирование, звукопоглощающие облицовки, виброизоляцию, вибродемпфирование;

- Помещение сборочного участка в достаточном количестве должно быть снабжено информирующими и указателями, сообщающими о местоположении эвакуационного выхода, оборудовании под напряжением, движущихся частях оборудования, средствах пожаротушения, местоположении аптечки, ограничении скорости движения транспортных средств в территории участка (не более 5 км/ч)" [7,8].

5.3 Средства снижения профессиональных рисков

Средства индивидуальной защиты:

- Спец-одежда и спец-обувь.
- Перчатки.
- Очки защитные.
- Защитные крема, для защиты рук [7,8].

5.4 Обеспечение пожарной безопасности рассматриваемого технического объекта

По пожарной опасности участок имеет категорию "Д".

"Категория "Д" – это участок с не пожароопасными процессами, где используются вещества и материалы в холодном состоянии и отсутствуют взрывоопасные смеси, открытое пламя, искры, горючая пыль или волокна" [16].

Средства пожарной безопасности:

- Гидранты.
- Щиты с огнетушителями, лопатами, ведрами.
- Пожарная сигнализации с кнопками для вызова пожарного наряда.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Отсутствуют горючие, токсичные и вредные вещества, поэтому выбросы во внешнюю среду отсутствуют.

Тепловое и электромагнитное излучение является незначительным.

5.6 Анализ разработанной конструкции подвески с точки зрения устойчивости и управляемости

"ГОСТ – 52302 "Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний" используется для оценки управляемости и устойчивости автомобиля в движении и дает оценку усилий, которые прилагаются для поворота колес управляемых колес. Помимо этого определяют следующие параметры:

- характеризующие самовозврат управляемых колес и рулевого колеса в нейтральное положение;
- устойчивость к опрокидыванию;
- оценивается поведение автомобиля в движении, его управляемость и устойчивость" [16].

"Проводятся испытания для определения максимальной скорости при которой возможно войти в поворот, "переставка" для определения максимальной скорости маневра при смене полосы движения на ограниченном участке пути. Также проходят испытания "прямая" и "пробег" [16].

"Управляемость и устойчивость оценивается в балах от 1 до 5, где 1 - плохо, требуется улучшение, а 5 –отлично, улучшать не требуется" [16].

"Оценки управляемости и устойчивости АТС выставляются исходя из следующих положений:

- Балл 5 –водитель не ощущает затруднений при управлении АТС;

- Балл 4 – водитель начинает ощущать небольшие затруднения, заключающиеся в появлении некоторого несоответствия реакции АТС на управляющее воздействие (по моменту его начала и амплитуде) по отношению к желаемой;

- Балл 3 – водитель ощущает значительные затруднения в управлении скоростью, замедлением, траекторией, стабилизацией курса и крена. При выставлении этой оценки безопасное движение возможно при максимальном внимании к управлению АТС;

- Балл 2 – водитель работает на пределе своих возможностей. Минимальная ошибка в выборе момента приложения и величины управляющего воздействия приводит к потере устойчивости и управляемости АТС;

- Балл 1 – устойчивое управление АТС невозможно".

5.7 Заключение по разделу "Безопасность и экологичность технического объекта"

Общий вывод. Из проведенного анализа следует сделать следующие выводы:

- В разделе "Конструктивно-технологическая характеристика объекта" была проставлена информация о процессе сборки передней подвески (таблица 6.1), а также план участка сборки (рис. 6.1);

- разработаны мероприятия по созданию и организации безопасных условий труда и подобраны средства индивидуальной защиты;

- Проведена экологическая экспертиза, в следствии которой подтверждены условия экологической безопасности;

- Был определен класс пожарной опасности, а также были приняты меры для обеспечения противопожарной безопасности путем установки средств пожаротушения;

Заключение

Задача выпускной квалификационной работы заключалась в преобразовании конструкции передней подвески автомобиля Лада Гранта, при помощи возможности демпфирования подвески путем регулировки клапанов дополнительного устройства для повышения плавности хода. Результатом работы является модернизация передней подвески автомобиля Лада Гранта.

В ходе работы было принято решение, чтобы провести нужную модернизацию прежде всего необходимо произвести замену штатного амортизатора на амортизатор с возможностью регулирования жесткости, что в свою очередь повысит плавность хода при движении по шоссейному треку. В приложение А, Б, В детали которые были использованы в данной работе. На рисунке А-1 и Б -1 представлены наименование деталей и их количество в передней стойке в сборе, в свою очередь на рисунке В-1 приведен перечень деталей для амортизатора. Также в ходе работы была предусмотрена возможность регулирования клиренса автомобиля, при помощи изменения положения опорной чашки пружины. Которая с данной модернизацией имеет возможность смещения при помощи специального ключа. Помимо этого были произведены расчеты на определение характеристик подвески, характеристик амортизатора, характеристик ружины её прочности.

По результатам предоставленная работа соответствует современному состоянию и перспективному развитию в машиностроении в направлении автомобильного спорта на шоссейных гонках.

Общий вывод по модернизации передней подвески заключается в подтверждении её соответствия предъявляемым требованиям.

Список используемой литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. т.1.-8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001.-920с.: ил.
2. Беклешов В.К. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 176 с.
3. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений / 2 – е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 240 с.
4. Вахламов В.К. Автомобили конструкция и элементы расчета. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. - 480 с.
5. Коноплев В.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Ростов на Дону.: Издательский центр "Феникс", 2004. – 356 с.
6. Коноплев В.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Ростов на Дону.: Издательский центр "Феникс", 2004. – 356 с.
7. Коган Э.И., Хайкин В.А. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1984. -327с.: ил.
8. Луковников А.В., Шкрабак В.С. Охрана труда: Учебники для вузов. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 2007. - 517 с.: ил.
9. Прайс-лист на продукцию "Автоцентр К16-Авто". - Киров.: Прайс-лист, 2009. - 24 с.
10. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с, ил.
11. Электронный ресурс:
<http://www.4x4extreme.com.ua/world/2007/silk/techproductiontrofi.pdf> (Дата обращения: 02.11.2015; время обращения: 10:05).
12. Электронный ресурс: <http://www.studiplom.ru/Technology-DVS/suspenders.html> (Дата обращения: 02.11.2015; время обращения: 11:15).

13. Электронный ресурс: <http://www.studiplom.ru/Technology-DVS/suspenders.html> (Дата обращения: 02.11.2015; время обращения: 11:35).
14. Электронный ресурс: <http://www.bibliotekar.ru/auto3/26.htm> (Дата обращения: 03.11.2015; время обращения: 09:20).
15. Электронный ресурс: <http://www.autosvit.com.ua/cars/VAZ/> (Дата обращения: 04.11.2015; время обращения: 10:25).
16. Электронный ресурс: <https://autodmir.ru/vaz/> (Дата обращения: 05.11.2015; время обращения: 09:25).
17. Электронный ресурс: http://offroadclub.ru/faq/technic/obzor_zavisimyh_i_nezavisimyh_podvesok.html (Дата обращения: 05.11.2015; время обращения: 15:15).
18. Электронный ресурс: <http://autodont.ru/suspender/mcpherson> (Дата обращения: 01.12.2015; время обращения: 15:25).
19. Электронный ресурс: http://www.klakson-auto.ru/content/zhestkost_pruzhiny/ (Дата обращения: 01.12.2015; время обращения: 15:35).
20. Электронный ресурс: <http://www.avtonov.svoi.info/absorber.php> (Дата обращения: 01.12.2015; время обращения: 15:45).
21. Электронный ресурс: <http://pilot.spb.su/books/rally/body.php> (Дата обращения: 01.12.2015; время обращения: 15:50).
22. Черемисинов В.И. Расчёт деталей машин: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – 270 с.: ил.
23. Электронный ресурс: <http://www.p-komplekt.ru/catps.141.htm#253> (Дата обращения: 16.12.2015; время обращения: 15:35).
24. Электронный ресурс: <http://25273.ru.all.biz/cat.php?oid=207716> (Дата обращения: 16.12.2015; время обращения: 15:35).
25. Цены на продукцию компании "Алтай-Сервис". Прайс-лист.- Кирова, 2012. - 127с.
26. Электронный ресурс: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.645bd224-62c42ce0-f5e1962e-

74722d776562/https/www.mathworks.com/help/vdynblks/ref/independentsuspensionmacpherson.html

27. Concepcion, M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs - 2nd edition / M. Concepcion. - Create Space Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.

28. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.

29. Konig, R. Schmieretechnik / R. Konig. - Springer, 1972. - p.164.

30. Maten, J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.

Приложение А
Спецификация модернизированной передней стойки в сборе

<i>Поз</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол</i>
		<u>Документация</u>	
		<i>Сборочный чертёж</i>	1
		<u>Сборочные единицы</u>	
1	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Корпус</i>	1
		<u>Детали</u>	
2	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Шток</i>	1
3	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Гайка</i>	1
4	<i>ГОСТ 7338-90</i>	<i>Уплотнение</i>	1
5	<i>ГОСТ 7338-90</i>	<i>Кольцо</i>	1
6	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Шайба</i>	1
7	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Патрон</i>	1
8	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Клапан сжатия</i>	1
9	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Поршень</i>	1
10	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Клапан отдачи</i>	1
11	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Гайка</i>	1
12	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Чашка опорная</i>	1
13	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Опора</i>	1
14	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Шайба</i>	1
15	<i>ГОСТ 5929-70</i>	<i>Гайка регулировочная</i>	1
16	<i>ГОСТ 7338-90</i>	<i>Шланг</i>	2
17	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Шайба</i>	8
18	<i>ГОСТ 16045-70</i>	<i>Штуцер</i>	4
19	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Трубка</i>	1

Рисунок А.1-Спецификация модернизированной передней стойки в сборе

Приложение В
Спецификация стойки амортизатора

<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>
		<u>Документация</u>	
		<i>Сборочный чертёж</i>	1
		<u>Сборочные единицы</u>	
1	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Стойка амортизатора</i>	1
2	<i>ГОСТ 1055-88</i>	<i>Опорный подшипник</i>	1
		<u>Детали</u>	
3	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Чашка верхняя</i>	1
4	<i>ГОСТ 7338-90</i>	<i>Отбойник</i>	1
5	<i>ГОСТ 733890</i>	<i>Пыльник</i>	1
6	<i>ГОСТ 1055-88</i>	<i>Пружина</i>	1
7	<i>ГОСТ 535-2005</i>	<i>Хомут</i>	1
		<u>Стандартные изделия</u>	
8		<i>Гайка М14х1,5 ГОСТ 15526-70</i>	1

Рисунок В.1- Спецификация стойки амортизатора