

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С. Воеводин
«__» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Буторину Никите Андреевичу
Группа: ФТ19-06М Направление (специальность) 23.04.01 «Технология
транспортных процессов».

Тема выпускной квалификационной работы «Диагностика состояния
ходовой части ТС на основе анализа визуализированной информации».

Утверждена приказом по университету _____ г.

Руководитель ВКР: С.В. Мальчиков, доцент кафедры «Транспорт»,
канд. техн. наук.

Перечень разделов ВКР:

1. Технико-экономическое обоснование.
2. Метод дистанционного контроля ходовой части автомобиля на
основе анализа визуализированной информации.
3. Экспериментальные исследования.

Перечень графического материала: Приложение А «результаты
расчетов», Приложение В «Презентационный материал».

Руководитель ВКР

С.В. Мальчиков

Задание принял к исполнению

Н.А. Буторин

«__» _____ 20__

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Диагностика состояния ходовой части ТС на основе анализа визуализированной информации» содержит 65 страниц текстового документа, 2 приложений, 14 использованных источников, 0 листов графического материала.

БЕЗОПАСНОСТЬ, ХОДОВАЯ ЧАСТЬ ТС, ПОДВЕСКА АВТОМОБИЛЯ, МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ, СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИИ.

Объект исследования – свободное творчество

Цели исследования:

- Рассмотрение существующих методов диагностики ходовой части ТС;
- Разработка нового метода диагностики ходовой части ТС на основе анализа визуализированной информации;

В результате проведенных исследований были рассмотрены существующие методы диагностики ходовой части ТС, выявлены их недостатки; был предложен способ расчета расстояния на фотографии и на его основе был предложен новый метод диагностики ходовой части ТС с помощью анализа визуализированной информации (фотографии); был произведен эксперимент, приближенный к реальным условиям движения автомобиля, в ходе которого была доказана эффективность предложенного метода диагностики.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Техничко-экономическое обоснование	9
1.1 Ходовая часть автомобиля	9
1.2 Анализ конструкций подвески.....	10
1.2.1 Подвеска на двойных поперечных рычагах	10
1.2.2 Подвеска МакФерсон.....	11
1.2.3 Многорычажная подвеска	13
1.2.4 Торсионная подвеска	14
1.2.5 Пневматическая подвеска	15
1.2.6 Гидропневматическая подвеска.....	17
1.2.7 Подвеска с управляемым амортизатором.....	18
1.2.8 Зависимая подвеска.....	18
1.3 Методы диагностики элементов ходовой части (подвески).....	20
1.3.1 Обзор органолептических методов диагностики ходовой части автомобиля.....	20
1.3.2 Обзор методов приборной диагностики ходовой части автомобиля	23
1.4 Статистические данные ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС	27
1.5 Выводы из технико-экономического обоснования	31
2 Метод дистанционного контроля ходовой части автомобиля на основе анализа визуализированной информации.....	32
2.1 Методы измерения расстояний на изображении	33
2.2 Расчёт размеров измеряемых отрезков	37
2.3 Определение границ объекта	40
2.4 Определение формы объекта	41
3 Экспериментальные исследования.....	44
3.1 Эксперимент с двухрычажной подвеской	44
3.1.1 Расчёт отклонений колеса автомобиля при неисправной подвеске	47
3.1.3 Расчет отклонений колеса автомобиля при исправной подвеске ...	48

3.2 Эксперимент с подвеской типа «Макферсон»	49
3.3 Определение сверхнормативного отклонения	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
Список использованных источников	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А	62
ПРИЛОЖЕНИЕ В	65

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Ходовая часть автомобиля предназначена для перемещения автомобиля по дороге, причем с определенным уровнем комфорта, без тряски и вибраций. Механизмы и детали ходовой части связывают колеса с кузовом, гасят его колебания, воспринимают и передают силы, действующие на автомобиль.

Находясь в салоне легкового автомобиля, водитель и пассажиры испытывают медленные колебания с большими амплитудами, и быстрые колебания с малыми амплитудами. От быстрых колебаний защищает мягкая обивка сидений, резиновые опоры двигателя, коробки передач и так далее. Защитой от медленных колебаний служат упругие элементы подвески, колеса и шины. Ходовая часть состоит из передней подвески, задней подвески, колес и шин.

При неисправной подвеске автомобиля не только уровень комфорта, но и уровень безопасности эксплуатации автомобиля так как при этом ухудшаются устойчивость, управляемость и тормозные характеристики.

Целью исследования является повышение безопасности дорожного движения на улично-дорожной сети.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие основные **задачи**:

1. Обзор ходовой части автомобиля и анализ методов ее диагностики.
2. Выявление недостатков существующих методов диагностики ходовой части ТС.
3. Разработка методики дистанционного контроля ходовой части автомобиля с помощью анализа визуализированной информации.
4. Апробация предложенной методики путем проведения эксперимента.

Объект исследования – ходовая часть автомобиля.

Предмет исследования – повышение уровня безопасности дорожного движения.

Методы исследования. В работе использованы методы расчёта расстояния на изображении, расчёт размеров измеряемых отрезков при помощи ЭВМ, методы определения границ и форм объектов.

Научная новизна работы заключается в том, что разработанный метод диагностики ходовой части автомобиля не требует специальных знаний об устройстве автомобиля, специального оборудования и не требует затрат времени на посещение СТО. В концепцию работы заложена суть метода расчёта расстояния между объектами, представленными на изображении.

1 Технико-экономическое обоснование

1.1 Ходовая часть автомобиля

Ходовая часть представляет собой совокупность узлов и механизмов, на которые передается вращающий момент от трансмиссии. Результатом работы всех этих узлов является движение автомобиля. Перечислим основные составляющие ходовой части:

- несущий кузов (или рама);
- балки мостов;
- колеса (с дисками и шинами);
- подвески (передняя и задняя).

Кроме того, ходовая часть содержит ряд вспомогательных механизмов и элементов. Это шаровые опоры, амортизаторы, рычаги, пружины, а также сайлентблоки, блоки тормозов и прочее. Каждая деталь выполняет какую-то определенную функцию для устойчивого движения и управления машиной. Некоторые узлы уменьшают вибрации и колебания при езде по неровной дороге. Большинство из этих дополнительных деталей располагается в подвесках.

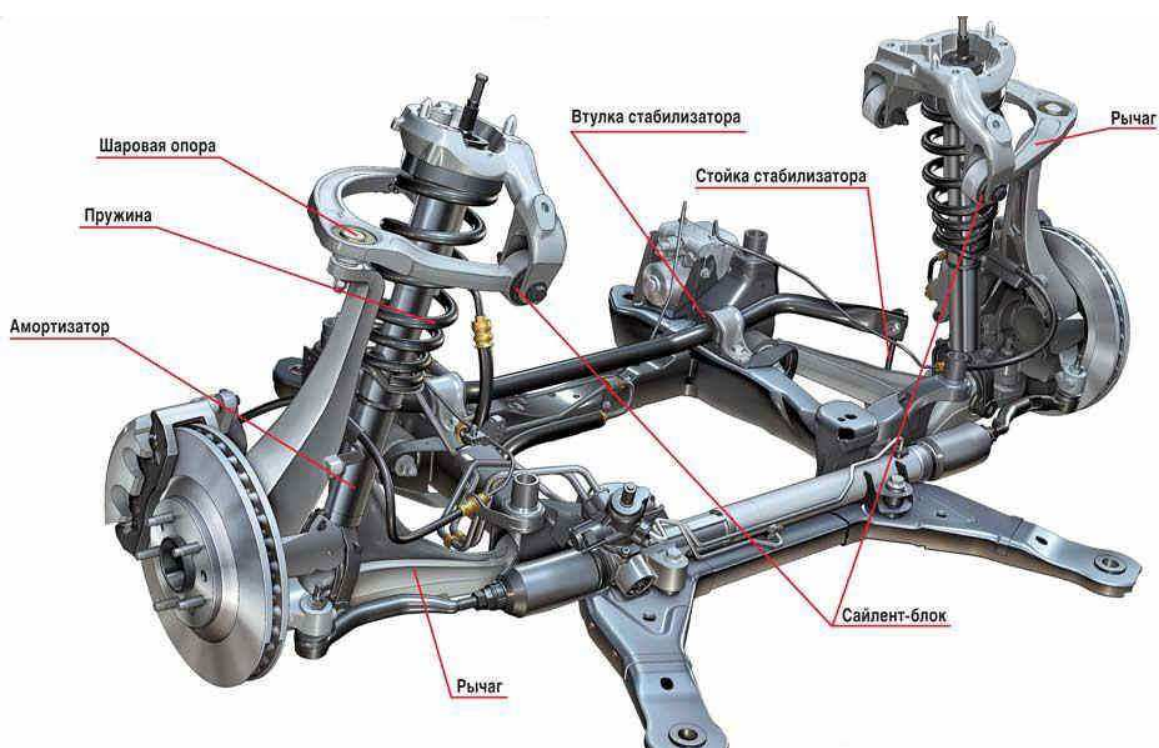


Рисунок 1.1 – Элементы ходовой части автомобиля

В процессе эксплуатации отдельные элементы ходовой части ТС подвержены износу. В процессе износа возникает сверхнормативное относительное перемещение элементов ходовой част.

Некоторые элементы ходовой части авто изнашиваются раньше других. Отсюда они получили наименование «расходники». Ниже уточним, о каких деталях речь:

Шаровые опоры служат для соединения рычага подвески и ступицы колеса. Представляют собой крепления по принципу шарниров.

Стабилизаторная стойка – шток с поворотными кулаками, соединяющий стабилизатор поперечной устойчивости и среднюю часть подвески.

Амортизаторы, гидравлические стойки и пружины играют роль буферного элемента между колесами и подвеской. Выполняют функцию смягчения ударных воздействий от дорожных неровностей при езде автомобиля.

Крепежные резиновые втулки – ими снабжаются болтовые соединения. Резиновые элементы поглощают вибрации и удары от колес, а также играют роль шарниров.

Сайлентблоки – шарниры для рычагов, состоящие из резины и металла.

Резиновые чехлы (пыльники) выполнены в виде гармошки. Защищают особо ответственные элементы подвески от пыли и влаги.

Сальники – резиновые кольца, уплотняющие движущиеся элементы узлов и механизмов и предотвращающие утечку эксплуатационных жидкостей. [1]

1.2 Анализ конструкций подвески

В настоящее время на автомобилях устанавливается несколько различных типов подвески.

1.2.1 Подвеска на двойных поперечных рычагах

С момента своего создания в 1935 году такая подвеска считается конструкторами идеальным видом независимой подвески, т.к. обеспечивает постоянный контроль за характером движения колеса. Двойные поперечные рычаги подвески всегда поддерживают колесо перпендикулярно поверхности дороги, чем достигает высокая управляемость автомобиля.

Подвеска на двойных поперечных рычагах может применяться на передней и задней оси автомобиля. Подвеска используется в качестве передней подвески на многих спортивных автомобилях (Ferrari, TVR, Lotus), седанах представительского и бизнес класса (Mercedes-Benz, BMW, Honda, Alfa Romeo). На рисунке 1.2 показана схема конструкции такой подвески на примере передней подвески автомобиля Mercedes-Benz SLS AMG.

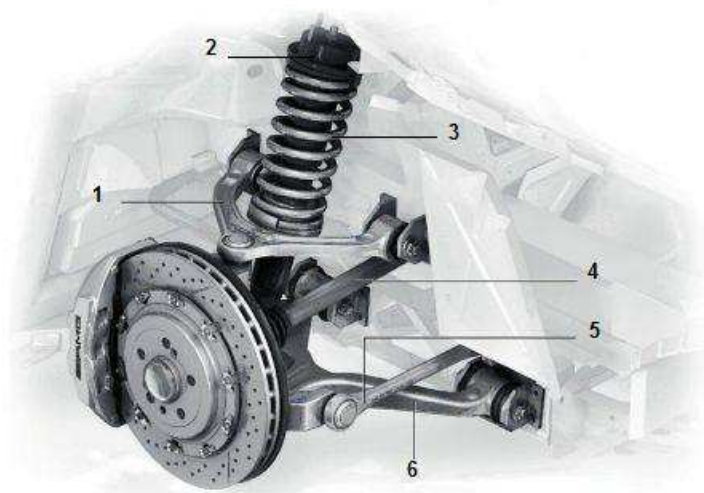


Рисунок 1.2 – Схема подвески на двойных поперечных рычагах

1 – верхний поперечный рычаг; 2 – амортизатор; 3 – пружина; 4 – приводной вал; 5 – рулевая тяга; 6 – нижний поперечный рычаг

На задней оси автомобиля подвеска на двойных поперечных рычагах используется редко. В силу своей конструкции подвеска занимает значительный объем при установке и уменьшает объем багажника. С другой стороны, применение подвески на задней оси приводит к избыточной управляемости (отклонению задних колес в противоположную к повороту сторону) и потере контроля над автомобилем [2].

1.2.2 Подвеска МакФерсон

Подвеска МакФерсон (McPherson) является самым распространенным видом независимой подвески, который применяется на передней оси автомобиля. По своей конструкции подвеска МакФерсон является развитием подвески на двойных поперечных рычагах, в которой верхний поперечный рычаг заменен на амортизаторную стойку.

Благодаря компактности конструкции подвеска McPherson широко используется на переднеприводных легковых автомобилях, так как позволяет поперечно разместить двигатель и коробку передач в подкапотном пространстве. К другим преимуществам данного типа подвески относятся

простота конструкции, а также большой ход подвески, препятствующий пробоям.

Вместе с тем, конструктивные особенности подвески (шарнирное крепление амортизаторной стойки, большой ход) приводят к значительному изменению развала колес (угла наклона колеса к вертикальной плоскости). По этой причине данный тип подвески не применяется на спортивных автомобилях и автомобилях премиум-класса.

Подвеска МакФерсон (рис. 1.3) имеет следующее устройство [3]:

- подрамник;
- поперечный рычаг;
- поворотный кулак;
- амортизаторная стойка;
- стабилизатор поперечной устойчивости.

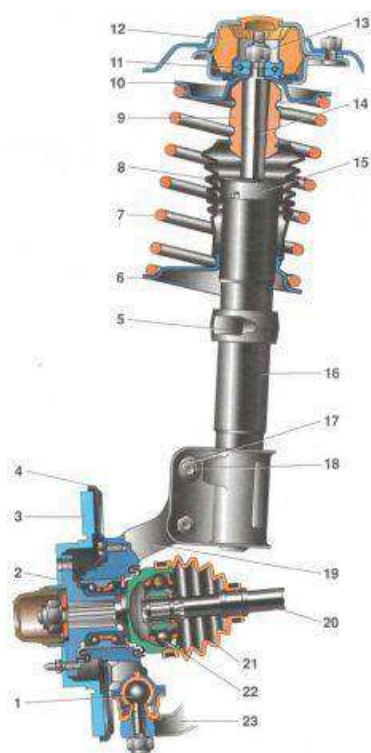


Рисунок 1.3 – Схема подвески МакФерсон

1 – шаровая опора; 2 – ступица; 3 – тормозной диск; 4 – защитный кожух; 5 – поворотный рычаг; 6 – нижняя опорная чашка; 7 – пружина подвески; 8 - защит-ный чехол телескопической стойки; 9 – буфер сжатия; 10 – верхняя опорная чашка; 11 – подшипник верхней опоры; 12 – верхняя

опора стойки; 13 – гайка штока; 14 – шток; 15 – опора буфера сжатия; 16 – телескопическая стойка; 17 – гайка; 18 – экс-центриковый болт; 19 – поворотный кулак; 20 – вал привода переднего колеса; 21 – защитный чехол шарнира; 22 – наружный шарнир вала; 23 – нижний рычаг.

1.2.3 Многорычажная подвеска

Многорычажная подвеска (Multilink) в настоящее время является самым распространенным видом подвески, который применяется на задней оси легкового автомобиля. Многорычажная подвеска устанавливается как на переднеприводные, так и на заднеприводные автомобили. Данный тип подвески используется также на передней оси автомобиля, например, на некоторых моделях автомобилей Audi.

Основными преимуществами многорычажной подвески, обусловленными ее конструкцией, являются высокая плавность хода, низкий уровень шума, лучшая управляемость. Вместе с тем, подвеска достаточно дорога и сложна в изготовлении и установке.

Многорычажная подвеска является дальнейшим развитием подвески на двойных поперечных рычагах. Если каждый из поперечных рычагов разделить на две части (два отдельных рычага) получится простейшая многорычажная подвеска.

В многорычажной подвеске для крепления ступицы колеса используется не менее четырех рычагов, что обеспечивает независимую продольную и поперечную регулировки колеса.

Многорычажная подвеска (рис. 1.4) имеет следующее устройство:

- подрамник;
- поперечные рычаги;
- продольный рычаг;
- ступичная опора;
- амортизатор;
- пружина;
- стабилизатор поперечной устойчивости.

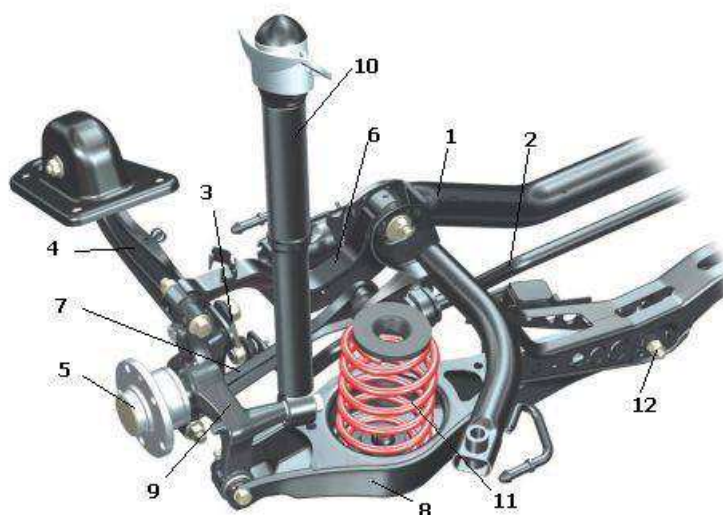


Рисунок 1.4 – Схема многорычажной подвески

1 – подрамник; 2 – стабилизатор поперечной устойчивости; 3 – стойка стабилизатора поперечной устойчивости; 4 – продольный рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – верхний поперечный рычаг; 7 – передний нижний рычаг; 8 – задний нижний поперечный рычаг; 9 – корпус опоры рычага; 10 – амортизатор; 11 – винтовая пружина; 12 – узел регулировки схождения

В современных конструкциях наряду с поперечными рычагами используются продольные рычаги [4].

1.2.4 Торсионная подвеска

Торсионная подвеска – вид подвески, в которой в качестве упругого элемента используется торсион. Торсион представляет собой металлический упругий элемент, работающий на скручивание. Как правило, это металлический стержень круглого сечения со шлицевым соединением на концах. Торсион может состоять из набора пластин, стержней, балки определенного сечения.

Конструктивно торсион одним концом крепится к кузову или раме автомобиля, а другим – к направляющему элементу – рычагу. При перемещении колес торсион закручивается, чем достигается упругая связь между колесом и кузовом. Схема этой подвески на примере передней подвески автомобиля Hummer H2 показана на рисунке 1.5.

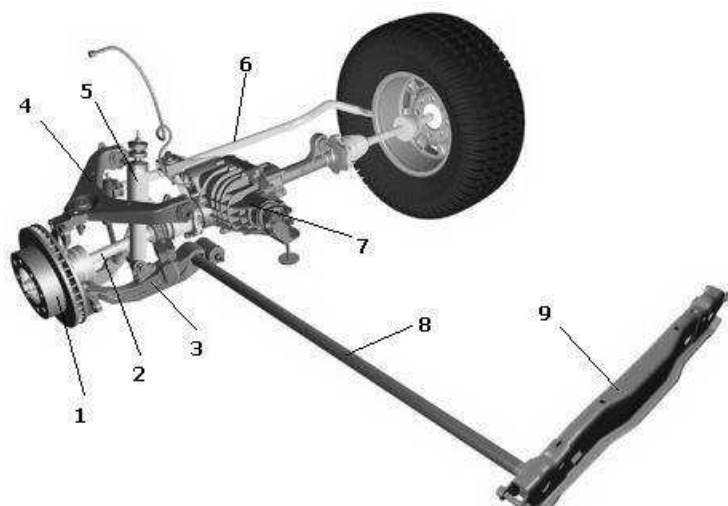


Рисунок 1.5 – Схема торсионной подвески

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

Особенностью торсионов является вращение только в одну сторону – в направлении скручивания. Другой особенностью является то, что торсион может использоваться для регулировки высоты кузова.

Торсионы применяются в различных видах независимых подвесок [5]:

- подвеска на двойных поперечных рычагах;
- подвеска на продольных рычагах;
- подвеска со связанными продольными рычагами (торсионная балка).

1.2.5 Пневматическая подвеска

Пневматическая подвеска - обеспечивает регулирование уровня кузова относительно дороги за счет применения пневматических упругих элементов. В настоящее время пневматическая подвеска устанавливается в качестве опции на некоторых моделях автомобилей бизнес-класса и больших внедорожниках.

По своей сути пневмоподвеска не является отдельным видом подвески автомобиля, т.к. реализована со многими конструкциями подвесок (МакФерсон, многорычажная подвеска и др.). В настоящее время пневмоподвеску используют на своих автомобилях многие автопроизводители: Audi, Bentley, BMW, Lexus, GM, Ford, Land Rover,

Mercedes-Benz, SsangYong, Subaru, Volkswagen. Некоторые конструкции подвесок имеют собственные названия, например, Airmatic Dual Control от Mercedes-Benz.

Пневматическая подвеска имеет следующее общее устройство:

- пневматические упругие элементы на каждое колесо;
- модуль подачи воздуха;
- ресивер;
- регулируемые амортизаторы (в адаптивной подвеске);
- система управления.

Пневматический упругий элемент (рисунок 1.6) выполняет основную функцию подвески – поддержание определенного уровня кузова автомобиля. Это достигается путем изменения давления и соответствующего ему объема воздуха в упругих элементах.

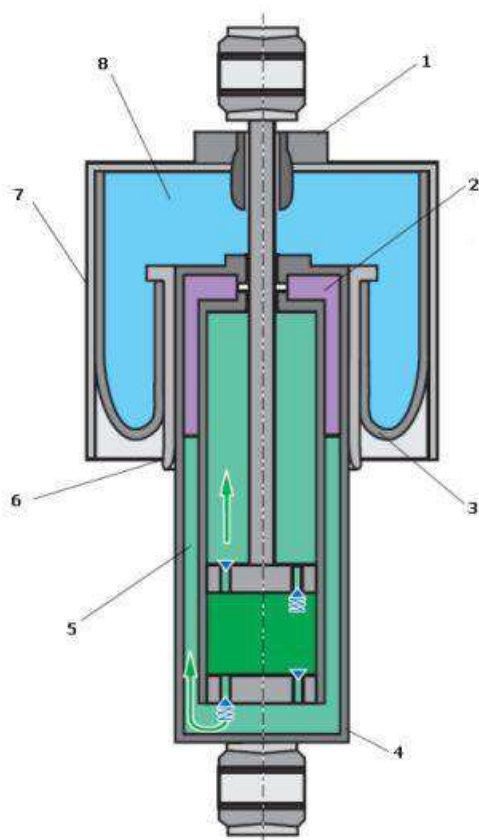


Рисунок 1.6 – Схема пневматического упругого элемента

1 – корпус; 2 – газовая полость амортизатора; 3 – манжета; 4 - двухтрубный газонаполненный амортизатор; 5 – компенсационная полость

амортизатора; 6 – поршень; 7 – направляющая корпуса; 8 – воздушная полость

Основными преимуществами пневматической подвески являются комфортабельность, геометрическая проходимость и безопасность автомобиля [6].

1.2.6 Гидропневматическая подвеска

В гидропневматической подвеске используются гидропневматические упругие элементы. Впервые гидропневматическая подвеска была применена на автомобилях Citroen в 1954 году. Современной конструкцией гидропневматической подвески является подвеска Hydractive, в которой реализованы ее лучшие качества. В настоящее время устанавливается гидропневматическая подвеска Hydractive третьего поколения (рисунок 1.7).

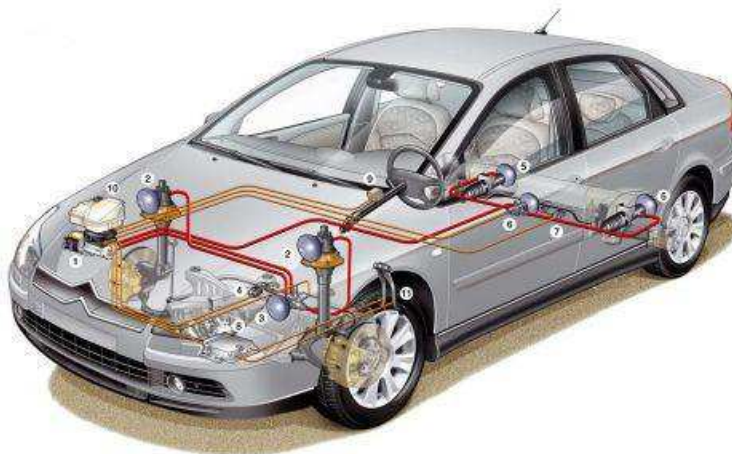


Рисунок 1.7 – Схема гидропневматической подвески Hydractive 3

1 – гидроэлектронный блок; 2 – передняя стойка; 3 – передний регулятор жесткости; 4 – передний датчик положения кузова; 5 – задний гидропневматический цилиндр; 6 – задний регулятор жесткости; 7 – задний датчик положения кузова; 8 – встроенный интерфейс; 9 – датчик рулевого колеса; 10 – резервуар рабочей жидкости; 11 – педали газа и тормоза

Гидропневматическая подвеска применялась по лицензии на автомобилях Mercedes, Rolls-Royce и др. В конструкции современной гидропневматической подвески предусмотрено автоматическое изменение характеристик, т.е. она является активной подвеской.

Основными преимуществами гидропневматической подвески являются: высокая плавность хода, возможность регулировки положения кузова относительно дорожного покрытия, эффективное гашение колебаний,

адаптация к стилю вождения конкретного человека. Сложность и высокая стоимость являются сдерживающими факторами широкого применения данного типа подвески [7].

1.2.7 Подвеска с управляемым амортизатором

Подвеска с управляемым амортизатором – разновидность подвески, в которой степень демпфирования амортизаторов изменяется, в зависимости от состояния дорожного покрытия, параметров движения и запросов водителя. Под степенью демпфирования понимается быстрота затухания колебаний, которая зависит от сопротивления амортизаторов и величины поддрессоренных масс. В современных конструкциях адаптивной подвески используется два способа регулирования степени демпфирования амортизаторов:

- с помощью электромагнитных клапанов;
- с помощью магнитно-реологической жидкости.

При регулировании с помощью электромагнитного регулировочного клапана изменяется его проходное сечение в зависимости от величины воздействующего тока. Чем больше ток, тем меньше проходное сечение клапана и соответственно выше степень демпфирования амортизатора (жесткая подвеска). С другой стороны, чем меньше ток, тем больше проходное сечение клапана, ниже степень демпфирования (мягкая подвеска). Регулировочный клапан устанавливается на каждый амортизатор и может располагаться внутри или снаружи амортизатора.

Магнитно-реологическая жидкость включает металлические частицы, которые при воздействии магнитного поля выстраиваются вдоль его линий. В амортизаторе, заполненном магнитно-реологической жидкостью, отсутствуют традиционные клапаны. Вместо них в поршне имеются каналы, через которые свободно приходит жидкость. В поршень также встроены электромагнитные катушки. При подаче на катушки напряжения частицы магнитно-реологической жидкости выстраиваются по линиям магнитного поля и создают сопротивление движению жидкости

по каналам, чем достигается увеличение степени демпфирования (жесткости подвески) [8].

1.2.8 Зависимая подвеска

Зависимая подвеска представляет собой жесткую балку, связывающую между собой правое и левое колеса. В совокупности она образует

неразрезной мост. Отличительной особенностью зависимой подвески является передача перемещения одного из колес в поперечной плоскости другому колесу (зависимость колес).

В настоящее время зависимая подвеска применяется на некоторых моделях внедорожников, коммерческих автомобилях, а также малотоннажных грузовых автомобилях. Зависимая подвеска используется в основном в качестве задней подвески, реже – на передней оси автомобиля.

Основными видами зависимой подвески являются:

- подвеска на продольных рессорах;
- подвеска с направляющими рычагами.

Схема этой подвески на примере задней подвески автомобиля Dodge Ram показана на рисунке 1.8.

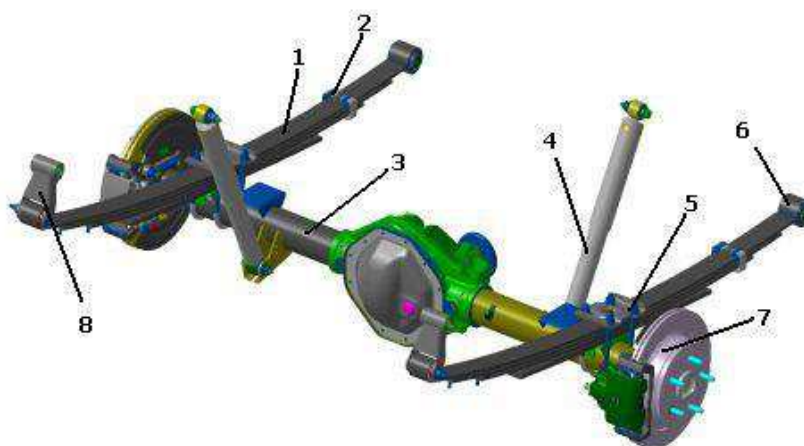


Рисунок 1.8 – Схема зависимой подвески на продольных рессорах

- 1 – рессора; 2 – хомут; 3 – балка моста; 4 – амортизатор; 5 – стремянка; 6 – эластичная опора; 7 – ступица колеса; 8 – качающаяся серьга

Продольная рессора воспринимает усилия в вертикальном, продольном и боковом направлениях, а также тормозной и реактивный моменты. Поэтому в подвески она выполняет функции упругого элемента, направляющего элемента, а в некоторых случаях и гасящего устройства (гашение колебаний за счет трения между листами рессоры).

Основным недостатком зависимой подвески на продольных рессорах является слабое противодействие боковым и продольным силам на больших

скоростях, что приводит к смещению (уводу) моста и потере управляемости [9].

1.3 Методы диагностики элементов ходовой части (подвески)

Для профилактики неисправностей подвески необходима ее диагностика.

Выявить неисправности подвески возможно двумя способами:

- органолептический метод – анализ состояния подвески по поведению автомобиля посредством органов чувств;
- приборная диагностика – анализ по результатам испытаний на специальном оборудовании – стендах, показывающих состояние подвески в целом, оценивающих ее производительность.

1.3.1 Обзор органолептических методов диагностики ходовой части автомобиля

1.3.1.1 Рулевые наконечники и тяги

Признак поломки – передаются небольшие удары в руль при езде по мелким ямам.

Для диагностики, берем рукой за шар рулевого наконечника. Напарник слегка пошатывает рулем в стороны. В случае люфта вы его почувствуете рукой. То же самое проделываем для рулевой тяги. Таким образом можно точно узнать, какая шаровая рулевого механизма стучит (рисунок 1.9).

Так же можно попробовать рукой провернуть вокруг своей оси наконечник. В случае, если у вас это получится с небольшим усилием, значит шаровая этого наконечника разбита, её нужно менять (рисунок 1.10). [10]



Рисунок 1.9 – Диагностика рулевого наконечника



Рисунок 1.10 – Диагностика рулевого наконечника

1.3.1.2 Сайлентблоки, втулки

Визуальный осмотр даст понимание, стоит ли их менять или нет. Если резина в них не порвана, не вывернута и имеет заводской вид, значит все хорошо. Если нет, то происходит удары металл об металл при езде по неровностям – слышите стуки при работе подвески (рисунок 1.11). [10]



Рисунок 1.11 – Метод диагностики сайлентблоков и втулок

1.3.1.3 Шаровые опоры колес

Для диагностики шаровых опор нужно монтировкой зацепиться за верхнюю часть шаровой, упереться в поворотный кулак, в зависимости от конструкции вашей подвески и пошатать ее вверх, вниз. Если есть люфт и слышны удары – ее пора менять. Нужно быть осторожным, чтобы не порвать защитный пыльник (рисунок 1.12). [10]



Рисунок 1.12 – Метод диагностики шаровых опор

1.3.2 Обзор методов приборной диагностики ходовой части автомобиля

На данный момент существует два метода приборной диагностики ходовой части автомобиля: диагностика на вибростенде и люфт-детекторе.

Вибростенд, на котором тестируют подвеску, выглядит как раскачивающаяся платформа, оборудованная датчиками, соединенными с компьютером (рисунок 1.13). Система проверки фиксирует и анализирует данные о недостатках, полученные в процессе раскачки вибростенда, и сравнивает их с нормативами.



Рисунок 1.13 – Вибростенд для диагностики ходовой части автомобиля

Предназначение вибростенда — создавать колебания с нужной частотой, схожие с теми, которые испытывает автомобиль в процессе езды. Колебания происходят за счет электродинамических или гидравлических вибраторов.

Колеса установленного на платформу автомобиля, включенного на нейтральную передачу, во время диагностики будут вращаться от движения валов вибростенда. Таким образом, создаются не только колебания, но и имитация обычного движения машины. Помимо этого, происходит имитация боковых кренов.

После заезда автомобиля на вибростенд для диагностики подвески начнется раскачка. С помощью этих манипуляций создаются условия, максимально близкие к реальному движению по дороге.

Вибростенд снабжен рядом датчиков. Во время испытания подвески с помощью вибрации они фиксируют различные параметры. Однако абсолютные значения измеренных физических величин не всегда сможет расшифровать даже опытный диагност. Поэтому применяется метод сравнения с эталонными параметрами подвески исправного автомобиля.

Такое диагностическое оборудование, как люфт-детектор, используется для выявления свободных перемещений деталей в тех узлах и механизмах, где их быть не должно. Без применения данных технических средств о достоверности диагностики можно говорить лишь условно. И, напротив, использование люфт-детекторов позволяет обнаружить ослабление элементов подвески и рулевого управления задолго до того, как эти дефекты приводят к фатальной поломке машины или аварийной ситуации во время передвижения авто, особенно, на высокой скорости.

Данное диагностическое оборудование предназначается для определения состояния компонентов подвески, в число которых входят следующие:

- подшипники в ступицах;
- шаровые опоры;
- сайлентблоки;
- рулевые тяги (шарниры).

Кроме того, применение люфт-детектора даёт возможность выявить ослабление различных втулочных соединений. Таким образом, использование этого исследовательского оборудования обеспечивает высокую эффективность одного из самых трудоёмких и ответственных видов сервиса автомобилей – легковых, грузовых и автобусов.

Конструкция измерителей люфтов обеспечивает быструю и упрощённую установку оборудования как на смотровую яму, так и автомобильный подъёмник любого типа (рисунок 1.14). В общем случае детектор включает в себя следующие элементы.

- Подвижные площадки (правая и левая).
- Гидравлическая станция.
- Блок управляющей электроники.

- Пульт дистанционного управления.

В комплект более «продвинутых» и дорогостоящих детекторов обычно входит малогабаритная видеокамера, снимающая процесс диагностики и передающая изображение на монитор компьютера. Конкретные модели люфт-детекторов могут различаться габаритами площадок, гидростанций и шкафов с электрооборудованием, а также некоторыми эксплуатационными характеристиками, например, напряжением электропитания – 220 или 380 Вольт.

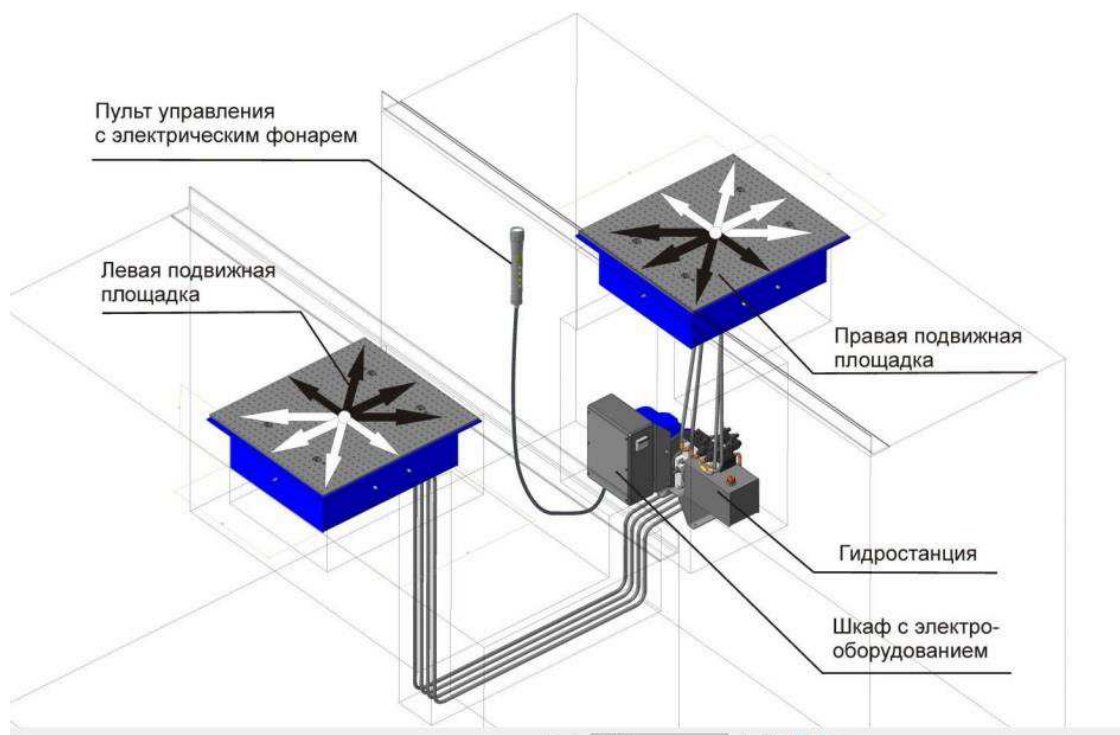


Рисунок 1.14 – Изображение люфт-детектора

Функционирование люфт-детектора заключается в имитации нагрузок, которые испытывает подвеска в процессе реального передвижения автотранспортного средства по магистрали. Перед диагностикой автомобиль заезжает колёсами на подвижные площадки и фиксируется на месте. После этого мастер с помощью пульта включает устройство и поочерёдно выбирает разные режимы диагностики.

Площадки двигаются по горизонтали вперёд-назад и влево-вправо, а также по вертикали, чем имитируются ударные нагрузки, возникающие при движении по неровным дорожным покрытиям. Усилия, прикладываемые к колёсам, создаются мощной гидравлической станцией. Перемещение площадок приводит в движение элементы подвески, и мастер в это время осматривает все её компоненты. При обнаружении дефекта (люфта)

информация о нём заносится в журнал, и на основании этих сведений принимается решение о методике устранения данной неисправности. [11]

1.4 Статистические данные ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС

Анализ статистических данных

Для определения актуальности рассматриваемой проблемы необходим анализ статистики дорожно-транспортных происшествий по причине эксплуатации технически не исправного транспортного средства.

Исходя из статистики данных ГИБДД представленной на рисунке 1.15 по причине эксплуатации технически не исправного транспортного средства за 2018 год произошло:

ДТП – 6221;

Раненных – 8856;

Погибло – 1064.



Рисунок 1.15 - Статистика ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС по данным ГИБДД 2018 г.

Для расчета процента ДТП по причине управления не исправным транспортным средством от общего количества ДТП, необходимо рассмотреть общую статистику ДТП за 2018 год, представленную на рисунке 1.16.



Рисунок 1.16 - Общая статистика ДТП по данным ГИБДД 2018 г.

Согласно данным общей статистики дорожно-транспортных происшествий за 2018 год произошло 168099 ДТП.

Таким образом, согласно анализу данных дорожно-транспортные происшествия совершенные по причине эксплуатации технически не исправного транспортного средства составляют 3.7 % от общей статистики ДТП.

Так же произведем расчеты за 2019 и 2020 гг.



Рисунок 1.17 - Статистика ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС по данным ГИБДД 2019 г.

Исходя из анализа данных, представленных на рисунке 1.18, произведем подсчет статистики дорожно-транспортных происшествий по

причине эксплуатации технически не исправного транспортного средства за год:

ДТП – 6734;

Раненных – 9789;

Погибло – 1007.



Рисунок 1.18 - Общая статистика ДТП по данным ГИБДД 2019 г.

Согласно данным статистики ГИБДД дорожно-транспортных происшествий за 2019 год произошло 164358.

Исходя из анализа и расчетов данных, ДТП по причине эксплуатации технически не исправных ТС составляют 4.1 % от общей статистики.

Далее произведем анализ данных статистики ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС по данным ГИБДД за 2020г, представленной на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 - Статистика ДТП по причине эксплуатации технически не исправного ТС по данным ГИБДД 2020 г.

Согласно статистике ГИБДД, представленной на рисунке 1.20, по причине эксплуатации технически не исправного ТС за 2020 год произошло:

ДТП – 7658;

Раненных – 10283;

Погибло – 1223.



Рисунок 1.20 - Общая статистика ДТП по данным ГИБДД 2020 г.

Итак, согласно анализу данных статистики ГИБДД общее количество дорожно-транспортных происшествий за 2020 год произошло 145073.

1.5 Выводы из технико-экономического обоснования

Таким образом, исходя из расчета данных, ДТП совершенные по причине эксплуатации технически не исправных ТС составляют 5.3 % от общего количества дорожно-транспортных происшествий.

Исходя из анализа всех ранее рассматриваемых данных можно сделать вывод, что количество ДТП по причине неисправностей ТС растет как в общем количестве, так и в процентном соотношении от общей статистики.

Так же и последствия таких дорожно-транспортных происшествий являются тяжелыми, что указывает на актуальность данной проблемы и поиска путей ее решения.

Обзор и анализ существующих способов диагностики ходовой части ТС показал, что оба способа диагностики имеют свои недостатки, которые сказываются на рядовом автовладельце. Первый способ вызывает затруднение у пользователя в связи с отсутствием необходимых знаний о конструкции автомобиля. Так же с помощью визуального контроля удастся выявить лишь не более 50% дефектов. Для осуществления диагностики вторым способом необходимо посетить автомобильный сервис, оснащенный специальным оборудованием.

В данной работе предлагается разработать комплекс мер для своевременного выявления неисправностей ходовой части автомобиля без посещения СТО. Для этого было выбран вариант диагностики ходовой части автомобиля с помощью анализа визуализированной информации. Фиксация данных будет производиться на специально выбранных участках УДС, анализу будут подвергнуты все автомобили передвигающиеся через данные участки.

2 Метод дистанционного контроля ходовой части автомобиля на основе анализа визуализированной информации

Суть метода заключается в том, чтобы разместить устройства фото или видео фиксации на специально выбранных участках УДС, для этого наиболее подходящими считаются участки с искусственными неровностями. В момент переезда автомобиля через искусственную неровность будет производиться фиксация колеса и колесной арки на фото или видео.

При наезде на искусственную неровность на колесо автомобиля начинает действовать сила реакции препятствия — это показано на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Силы, действующие на автомобиль при наезде на искусственную неровность

1 – сила реакции препятствия, 2 – направление движения колеса относительно колесной арки, 3 – сила тяжести

Так же и при съезде автомобиля с искусственной неровности сила реакции препятствия тоже будет действовать на колесо, но в обратном направлении, это показано на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Силы, действующие на автомобиль при съезде с искусственной неровности

1 – сила реакции препятствия, 2 – направление движения колеса относительно колесной арки, 3 – сила тяжести

При неисправных элементах подвески автомобиля его колесо будет перемещаться в колесной арке это будет фиксироваться после чего будут производиться измерения отклонения колеса. Если отклонение превышает допустимые значения, водитель получает уведомление о том, что ему необходимо посетить автосервис для прохождения диагностики ходовой части ТС.

2.1 Методы измерения расстояний на изображении

Измерение – это сопоставление длины измеряемого отрезка с длиной эталона, длина которого принята равной 1 м (рисунок 2.3).

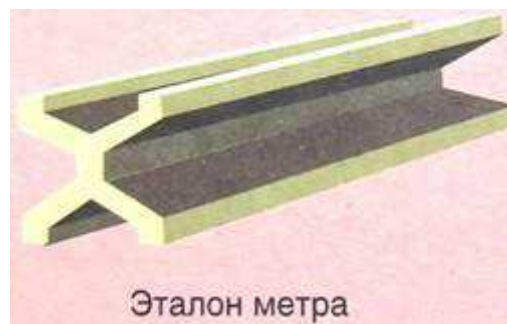


Рисунок 2.3 – Эталон метра

На основании эталона изготавливают вторичные эталоны: линейки, рулетки и т. д. (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Вторичные эталоны

Если размер предмета больше цены деления таких приборов, а сами предметы доступны, то измерение проводится методом наложения инструмента и предмета и считыванием показаний (рисунок 2.5).

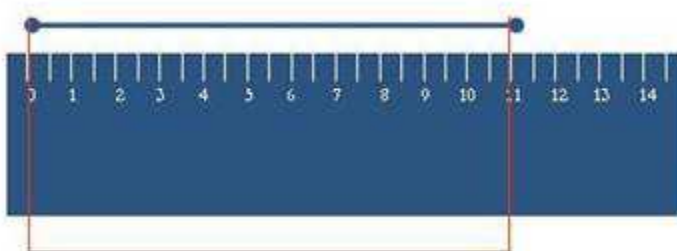


Рисунок 2.5 – Пример измерения методом наложения

Теоретически, не имея эталонного объекта (размеры которого точно известны, например, спичечный коробок) на фотографии, остальные размеры определить невозможно, а возможно только пропорции.

А если есть эталонный объект, то дальше можно примерно (насколько точно - зависит от разрешения фотографии. На маленькой фотографии размеры будут иметь меньшую точность) рассчитать размеры даже с помощью любой программы для обработки изображений и калькулятора.

Виды эталонных объектов представлены на рисунках 2.6, 2.7, 2.8.

Возле измеряемого объекта вы устанавливаете палку с известной высотой (мы использовали геодезическую вежу), отходите на расстояние, когда верх объекта помещается в кадр. В идеале высота эталона и уровня съемки должна быть примерно одинакова, а саму камеру следует держать ровно.

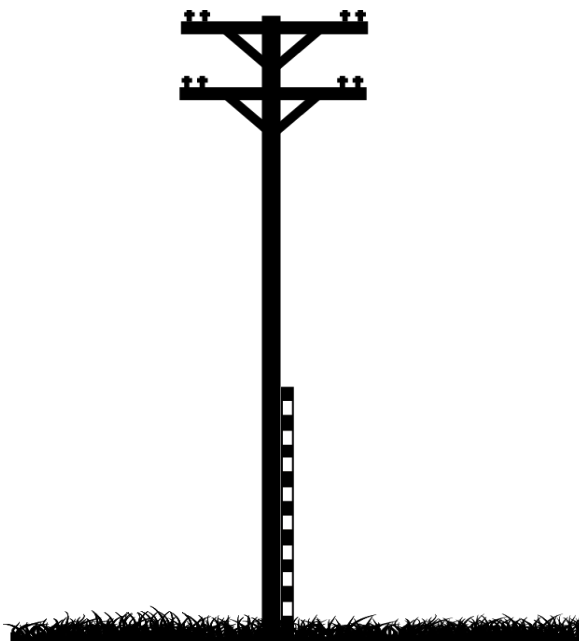


Рисунок 2.6 – Линейка

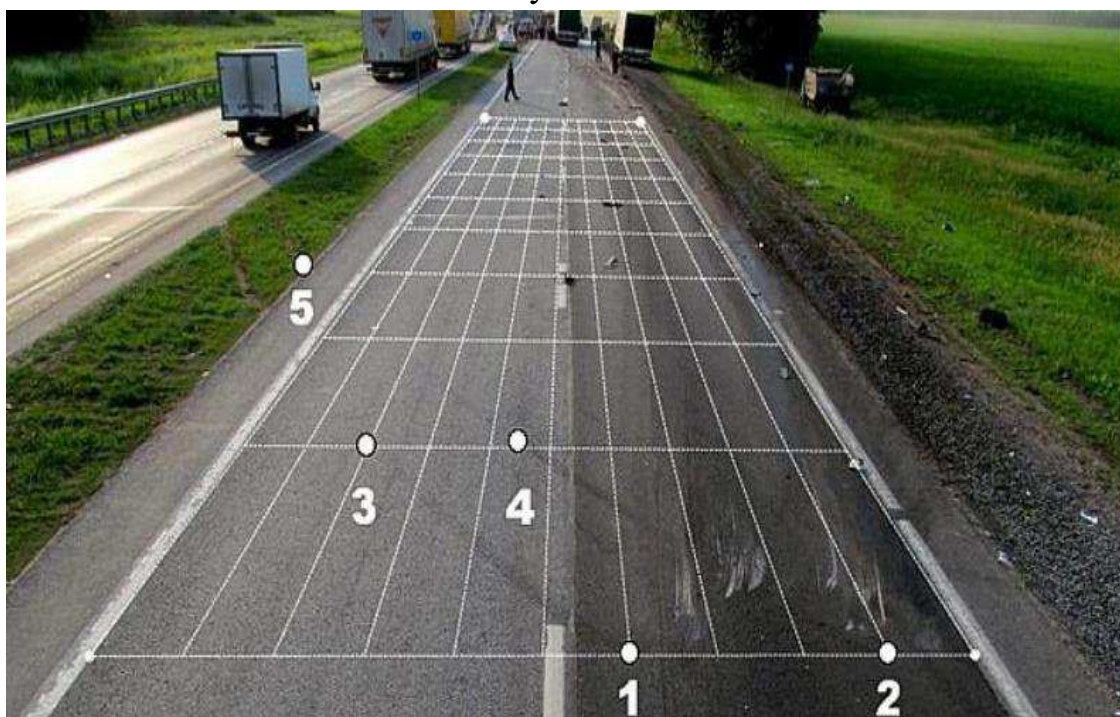


Рисунок 2.7 – Сетка



Рисунок 2.8 – Окружающие ориентиры

Следует учитывать оба фотографируемых предмета, измеряемый объект и эталон, должны находиться в одной плоскости, перпендикулярной оси объектива фотоаппарата. В противном случае размер изображений одинаковых по высоте предметов будет разным (сравните размер изображений двух столбов на фото, когда столбы находятся явно на разном расстоянии от фотоаппарата представленных на рисунке 2.9).



Рисунок 2.9 – Различие двух одинаковых объектов

Поэтому в качестве эталонного объекта для измерений на участок дороги предлагается нанести линию краски с известной шириной[12].

2.2 Расчёт размеров измеряемых отрезков

Расчет производится следующим способом. Нам понадобится изображение с известным разрешением, на котором изображен интересующий нас объект и эталон меры находящийся с ним в одной плоскости.

Например, представим, что нам надо вычислить расстояние от края диска колеса до колесной арки представленных на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Изображение колеса в колесной арке автомобиля

Данный рисунок имеет размеры 4032x3024 пикселя. То есть его ширина равна 4032 пикселя, а высота 3024 пикселя. Так же мы знаем, что расстояние между противоположными гайками на колесе равно 110 миллиметров это и будет нашим эталоном.

Далее с помощью программы «Paint» надо замерить сколько пикселей будет расстояние от противоположных гаек колеса. Для этого провидим линию и смотрим ее параметры, они указаны внизу справа. Нас интересует длина которая равна 276 пикселей (рисунок 2.11).

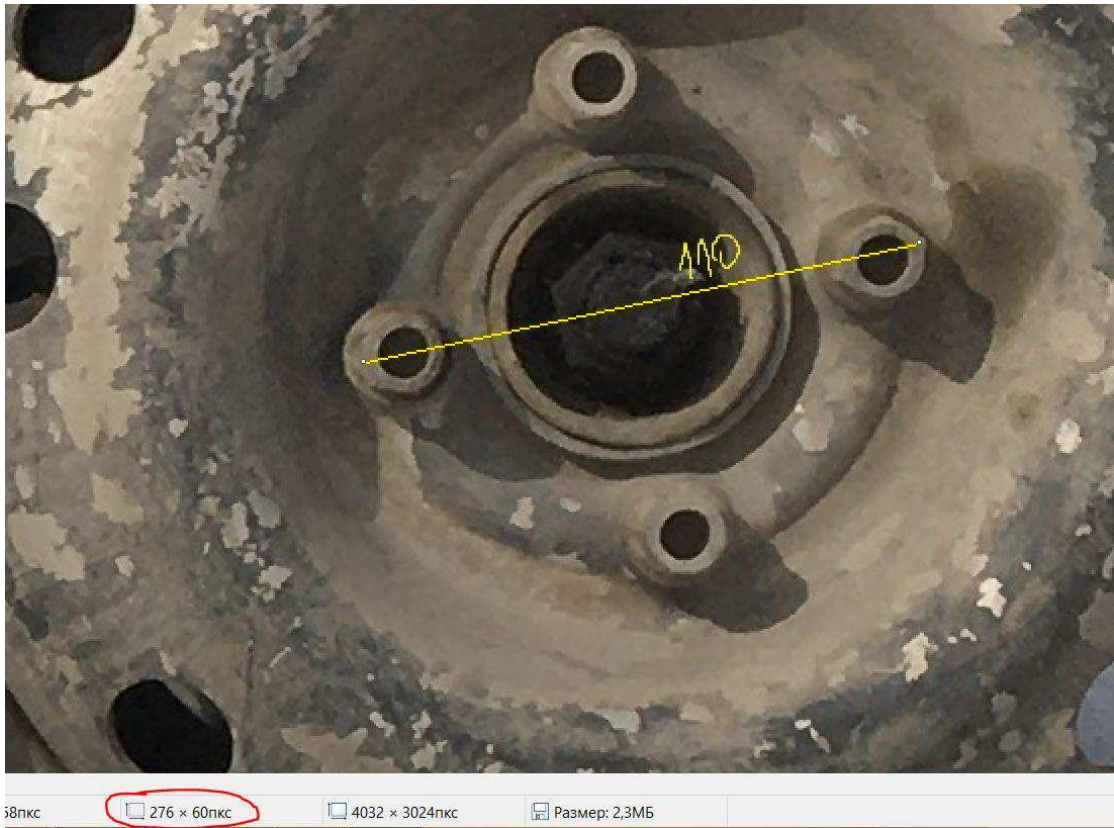


Рисунок 2.11 – Размеры эталона

Далее можно вычислить длину одного пикселя в миллиметрах. Для этого необходимо разделить длину эталона в миллиметрах на его длину в пикселях по формуле:

$$S_n = \frac{S_{1мм}}{S_{1п}} = \frac{110}{276} = 0,46мм \quad (2.1)$$

где S_n – длина пикселя в миллиметрах;

$S_{1мм}$ – длина эталона в миллиметрах;

$S_{1п}$ – длина эталона в пикселях.

После того как была вычислена длина пикселя в миллиметрах есть возможность вычислить расстояние от края диска колеса до колесной арки.

$$S_{2мм} = S_{2п} * S_n = 366 * 0,46 = 168,36мм \quad (2.2)$$

где $S_{2мм}$ – длина расстояния от диска колеса до колесной арки в миллиметрах;

$S_{2п}$ – длина расстояния от диска колеса до колесной арки в пикселях;

S_n – длина одного пикселя.

На рисунке 2.12 видно, что длина от диска колеса до колесной арки составила 366 пикселя после произведения умножения получим величину равную 168 миллиметров.



Рисунок 2.12 – Расстояние от диска колеса до колесной арки

Таким образом были произведены вычисления по нахождению длин на изображении.

2.3 Определение границ объекта

Для получения наиболее точных результатов измерений необходимо обозначить границ или контуров объекта, которые будут служить началом отсчета для измерения расстояния.

Контур — это внешние очертания (обвод) предмета/объекта.

Выделение границ (выделение краёв) — термин в теории обработки изображения и компьютерного зрения, частично из области поиска объектов и выделения объектов, основывается на алгоритмах, которые выделяют

точки цифрового изображения, в которых резко изменяется яркость или есть другие виды неоднородностей.

Пример такой обработки называется «гравюра» она представлен на рисунке 2.13.

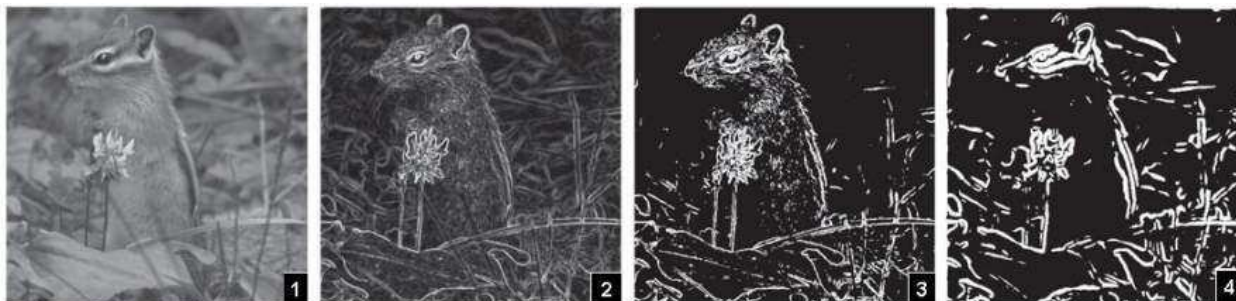


Рисунок 2.13 – Гравюра изображения

В идеальном случае результатом выделения границ является набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Таким образом, применение фильтра выделения границ к изображению может существенно уменьшить количество обрабатываемых данных из-за того, что отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются. Однако не всегда возможно выделить границы в картинах реального мира средней сложности. Границы, выделенные из таких изображений, часто имеют такие недостатки, как фрагментированность (кривые границ не соединены между собой), отсутствие границ или наличие ложных, не соответствующих исследуемому объекту, границ [13].

2.4 Определение формы объекта

Определение формы объекта нужно для выявления объектов между которыми будет производиться замер в нашем случае это диск колеса и арка колеса они имеют форму круга и полукруга соответственно.

Список подходов, с помощью которых можно успешно решать задачу поиска объекта на изображении, в порядке возрастания сложности.

- 1) Цветовые фильтры - если объект существенно выделяется на фоне по цвету, то можно подобрать соответствующий фильтр.
- 2) Выделение и анализ контуров - если мы знаем, что объект имеет форму, например, круга, то можно поискать окружности на изображении (рисунок 2.14).

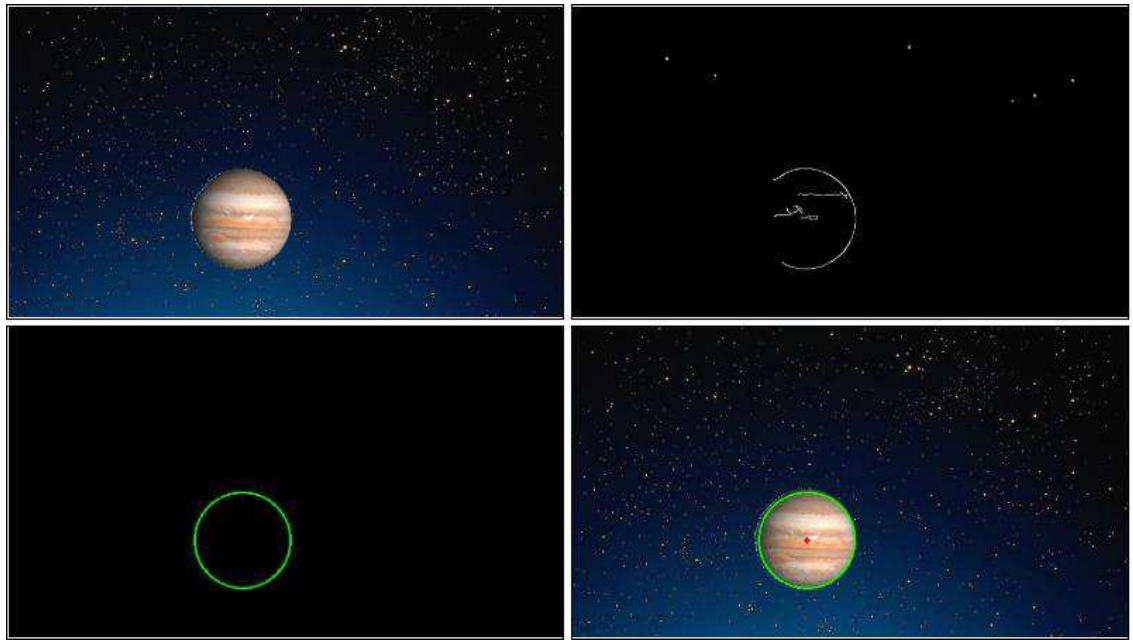


Рисунок 2.14 – Выделение контуров

- 3) Сопоставление с шаблоном - у нас есть изображение объекта, ищем в другом изображении области, совпадающие с этим изображением объекта.
- 4) Работа с особыми точками - на картинке с объектом ищем особенности, которые пытаемся сопоставить с такими особенностями на другом изображении. Особая точка это небольшая область, которая существенным образом выделяется на изображении. Существует несколько методов определения таких точек, это могут быть углы или блобы (blob, капля), т.е. небольшие области одинаковой яркости, достаточно чёткой границей, выделяющиеся на общем фоне. (рисунок 2.15).

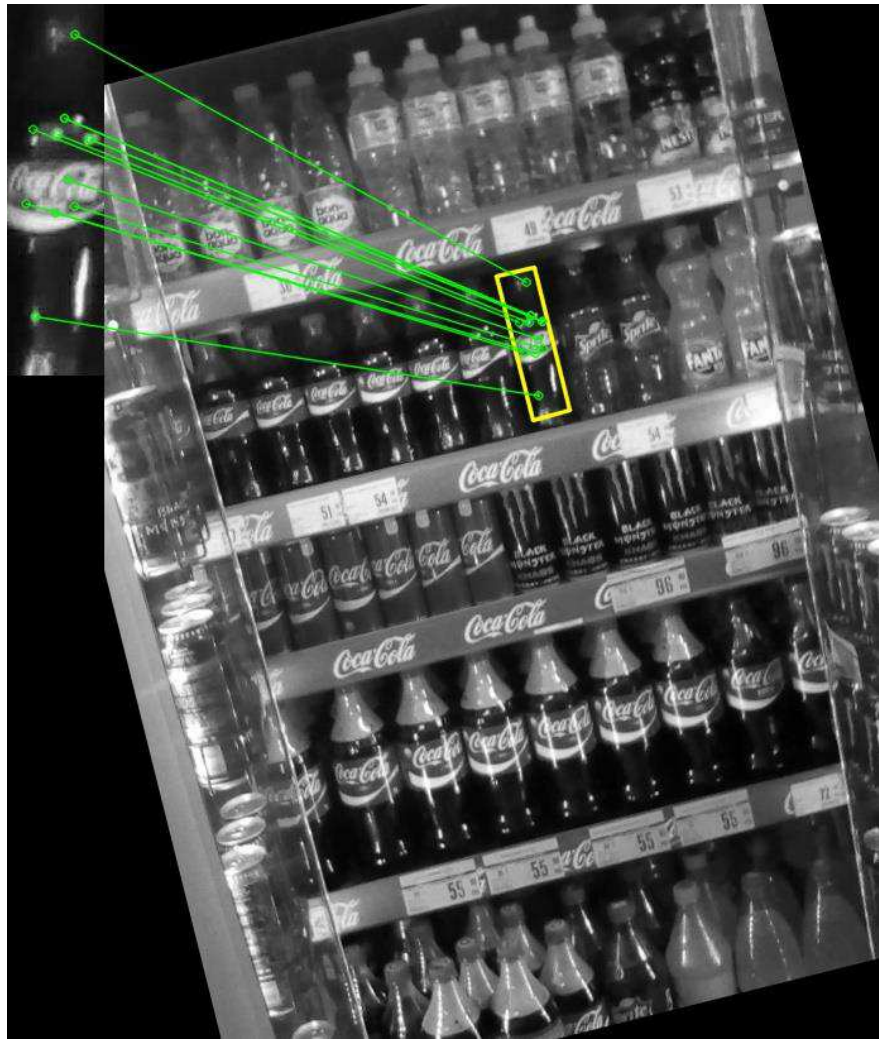


Рисунок 2.15 – Работа с особыми точками

- 5) Методы машинного обучения - обучаем классификатор на картинках с объектом, некоторым способом разделяем изображение на части, проверяем классификатором каждую часть на наличие объекта.

В нашем случае идеально подойдет способ, основанный на выделении и анализе контуров поскольку данным методом можно решить сразу две поставленные задачи, это определение границ и определение формы [14].

3 Экспериментальные исследования

В рамках выпускной квалификационной работы было произведено два эксперимента по нахождению расстояния между диском колеса и колесной аркой автомобиля с исправной и неисправной подвеской. Условия эксперимента по возможности были максимально приближены к реальным условиям движения автомобиля по улично-дорожной сети.

3.1 Эксперимент с двухрычажной подвеской

В качестве экспериментального образца был взят автомобиль марки ВАЗ, модель 2107, имеющий двухрычажный тип подвески в конструкцию которой были внесены изменения моделирующие состояния неисправной подвески. На рисунок 3.1 изображены элементы подвески, подвергшиеся изменениям, это две пары рычагов на которых были заменены сайлентблоки и шаровые опоры. На двух рычагах которые сверху установлены исправные шаровые опоры и сайлентблоки, а на тех что снизу – неисправные.



Рисунок 3.1 – Элементы подвески, подвергшиеся изменениям

Далее комплекты рычагов с исправными и неисправными элементами были установлены на автомобиле.

Процесс установки рычагов с неисправными элементами показан на рисунках 3.2, 3.3, 3.4.



Рисунок 3.2 – Монтажные работы



Рисунок 3.3 – Монтажные работы



Рисунок 3.4 – Монтажные работы

Далее на колесо автомобиля был приклеен эталонный объект в виде полоски изоленты шириной 29 миллиметров (рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 – Эталонный объект

В качестве искусственной неровности через которую совершалось движение автомобиля был выбран обрезной материал из древесины повторяющий форму лежачего полицейского. В момент переезда производилась серия фотоснимков из которой в последующем выбирались наиболее подходящие после чего в соответствии с примером, указанным в пункте 2.2 производились расчёты отклонений колеса относительно колесной арки автомобиля.

3.1.1 Расчёт отклонений колеса автомобиля при неисправной подвеске

На рисунках 3.6 и 3.7 представлены расчёты отклонения колеса автомобиля в крайнем левом и крайнем правом положении колеса автомобиля, при наезде и съезде с искусственной неровности.



Рисунок 3.6 – Момент наезда автомобиля на искусственную неровность



Рисунок 3.7 – Момент съезда автомобиля с искусственной неровности

Результаты расчётов, представленных на рисунках, показывают, что отклонение колеса автомобиля при неисправной подвеске составляет 29 миллиметров.

3.1.3 Расчет отклонений колеса автомобиля при исправной подвеске

Далее на данный автомобиль был поставлен комплект рычагов с исправными сайлентблоками и шаровыми опорами после чего вновь были произведены замеры отклонения представленные на рисунках 3.8 и 3.9.



Рисунок 3.8 – Момент наезда автомобиля на искусственную неровность

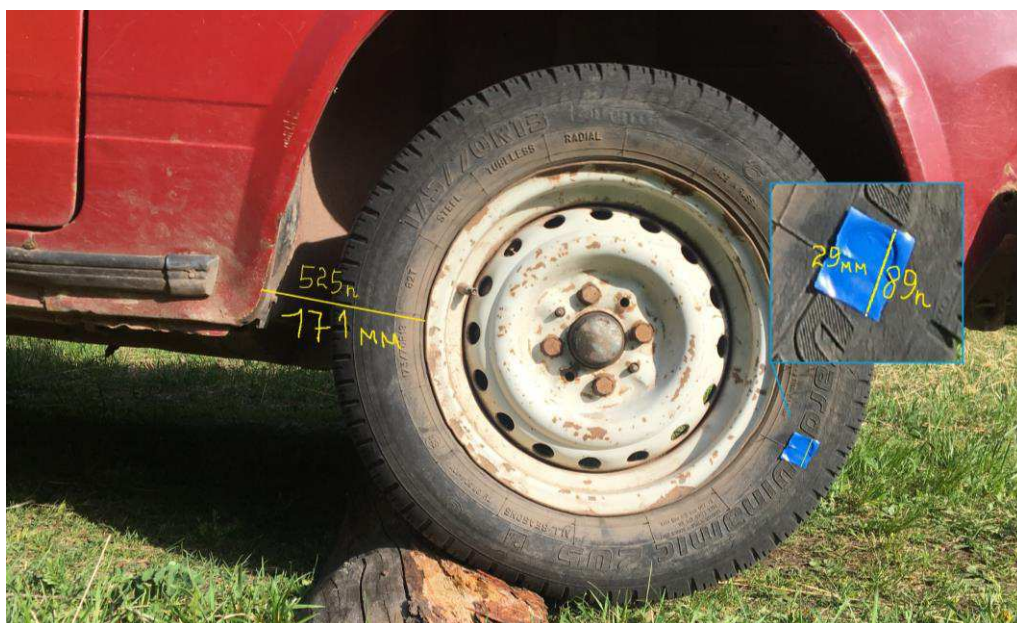


Рисунок 3.9 – Момент съезда автомобиля с искусственной неровности

Результаты расчётов, представленных на рисунках, показывают, что отклонение колеса автомобиля при неисправной подвеске составляет 10 миллиметров.

3.2 Эксперимент с подвеской типа «Макферсон»

Далее для апробации предложенной методики для эксперимента был выбран автомобиль более нового года выпуска с типом подвески Макферсон – Toyota Allion (рисунок 3.10)

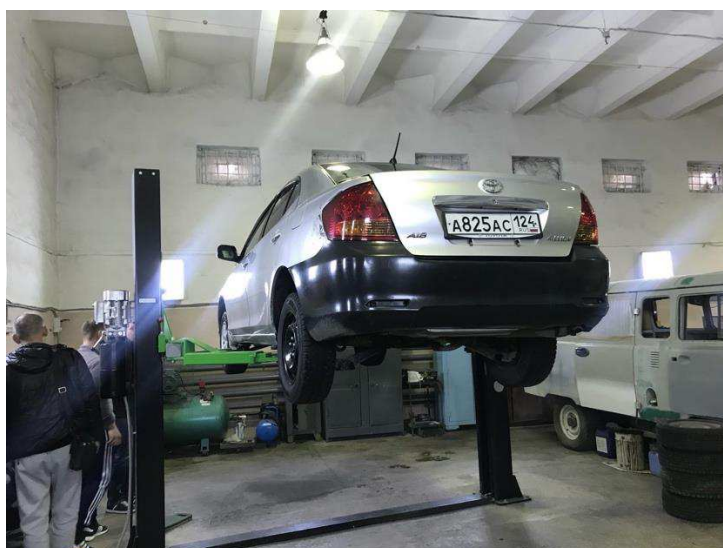


Рисунок 3.10 - Графическое изображение объекта исследования Toyota Allion

Автомобиль Toyota Allion имел неисправность в ходовой части, а именно износ сайлентблоков левого переднего рычага подвески.

В таблице 3.1 представлены результаты измерения расстояния от диска левого колеса (с неисправной подвеской) до колесной арки в левой крайней точке и правой крайней точке.

Таблица 3.1 – Величины отклонений левого колеса

№	Отклонение колеса в левой крайней точке, мм	Отклонение колеса в правой крайней точке, мм
1	180,29	164,13
2	177,94	170,28
3	190,08	176,29
4	171,74	187,95
5	188,71	176,04
6	172,64	181,50
7	190,75	178,44
8	174,22	186,93
9	197,38	178,26
10	171,72	190,78
11	196,72	178,16
12	174,02	191,93

Визуально разница между отклонениями представлена на рисунке 3.11.

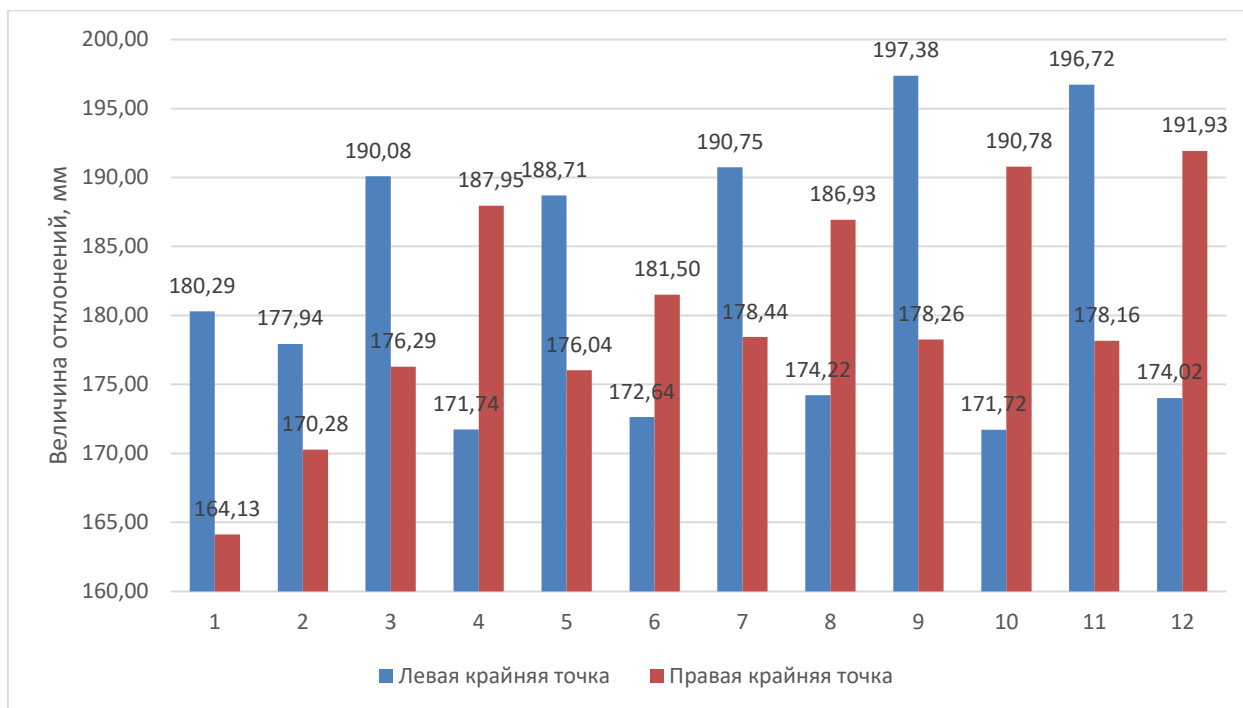


Рисунок 3.11 – Гистограмма отклонений колеса

Разность длин между левой и правой крайними точками положения левого колеса, а также среднее значение разности представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Разность отклонений колеса при неисправной подвеске

№	Разность отклонений, мм
1	16,60
2	7,66
3	13,79
4	16,21
5	12,68
6	8,86
7	12,31
8	12,70
9	19,12
10	19,06
11	18,56
12	17,91
Ср. зн.	15,12

Для анализа и визуализации полученных данных был построен график представленный на рисунке 3.12, так же была построена линия тренда.

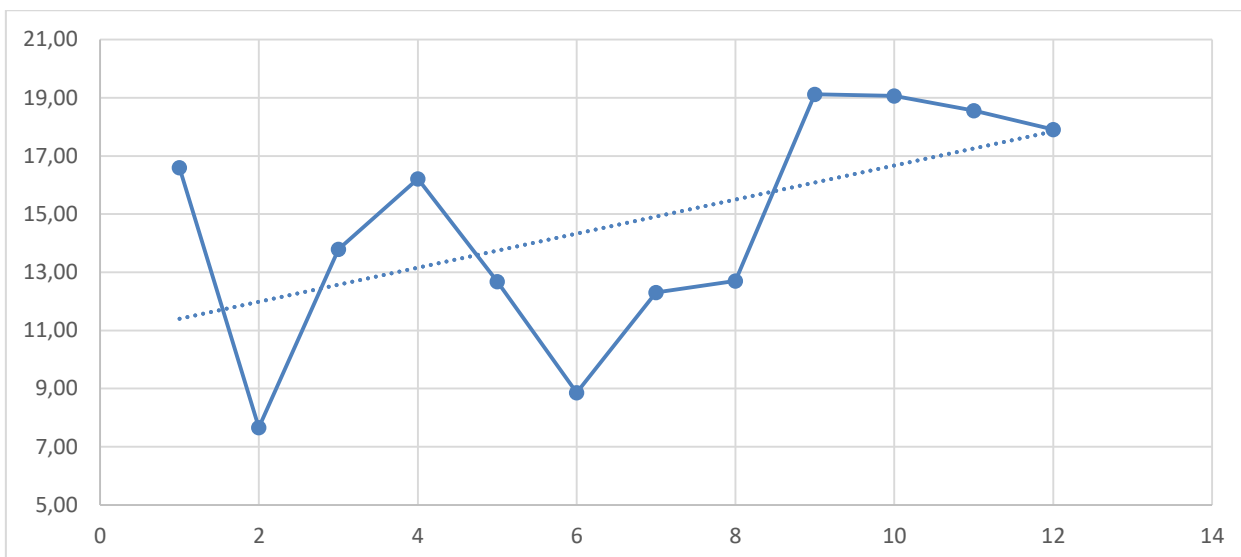


Рисунок 3.11 – График разности отклонений колеса при неисправной подвеске

Судя по линии тренда представленной на графике можно сделать вывод, что по мере протекания эксперимента средний интервал перемещения левого колеса относительно колесной арки увеличивается.

Затем была произведена замена левого переднего рычага с неисправными сайлентблоками на рычаг с исправными. Оба рычага представлены на рисунке 3.12, слева с неисправными сайлентблоками, справа с исправными



Рисунок 3.12 - Графическое изображение нижних рычагов

После замены были вновь произведены замеры и расчёты отклонений, результаты которых представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Разность отклонений колеса при исправной подвеске

№	Разность отклонений, мм
1	2,38
2	2,17
3	5,18
4	2,58
5	7,62
6	5,73
7	2,88
8	2,16
9	4,99
10	5,65
11	2,17
12	3,2
Ср. зн.	3,9

Для анализа и визуализации полученных данных был построен график представленный на рисунке 3.13, так же была построена линия тренда.

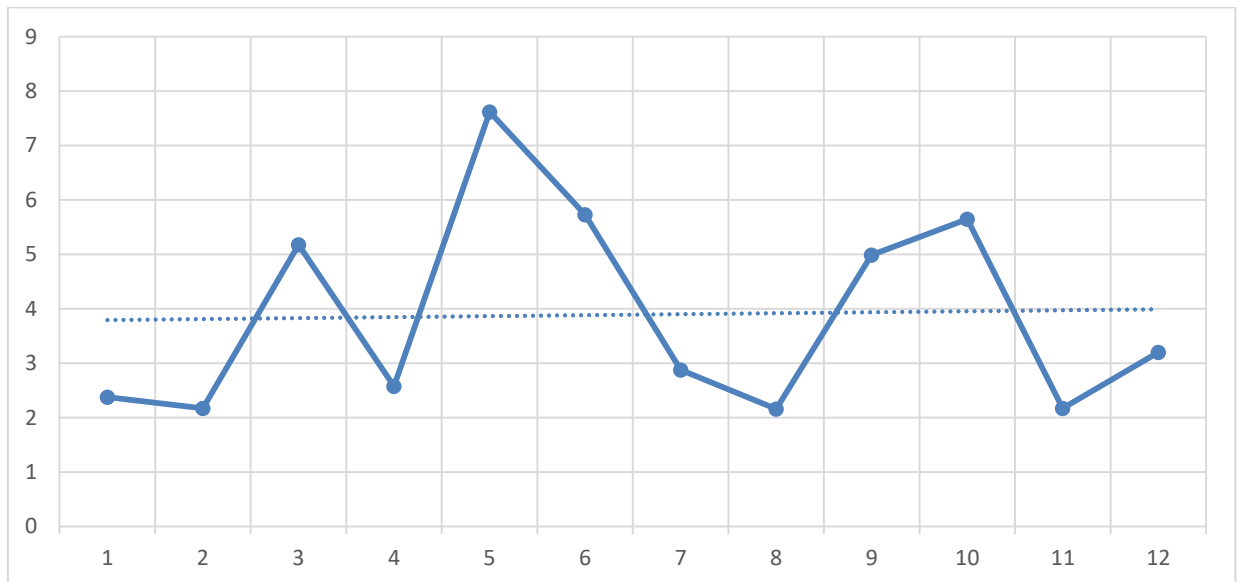


Рисунок 3.11 – График разности отклонений колеса при исправной подвеске

На представленном графике мы видим, что линия тренда практически горизонтальна, из этого следует что по мере протекания эксперимента средний интервал отклонения колеса при исправной подвеске практически не изменился.

Таким образом, сравнивая и анализируя данные полученные в ходе двух эксперимента можно сделать вывод, что исправная ходовая часть так же

имеет отклонения, которые являются следствием деформации демпфирующих элементов подвески автомобиля. Следовательно, нужно определить какие отклонения можно считать нормой, а какие являются уже неисправностью автомобиля.

3.3 Определение сверхнормативного отклонения

В ходе третьего эксперимента, производимого на автомобиле Mazda 3 изображенного на рисунке 3.12, было получено большое количество эмпирических данных.

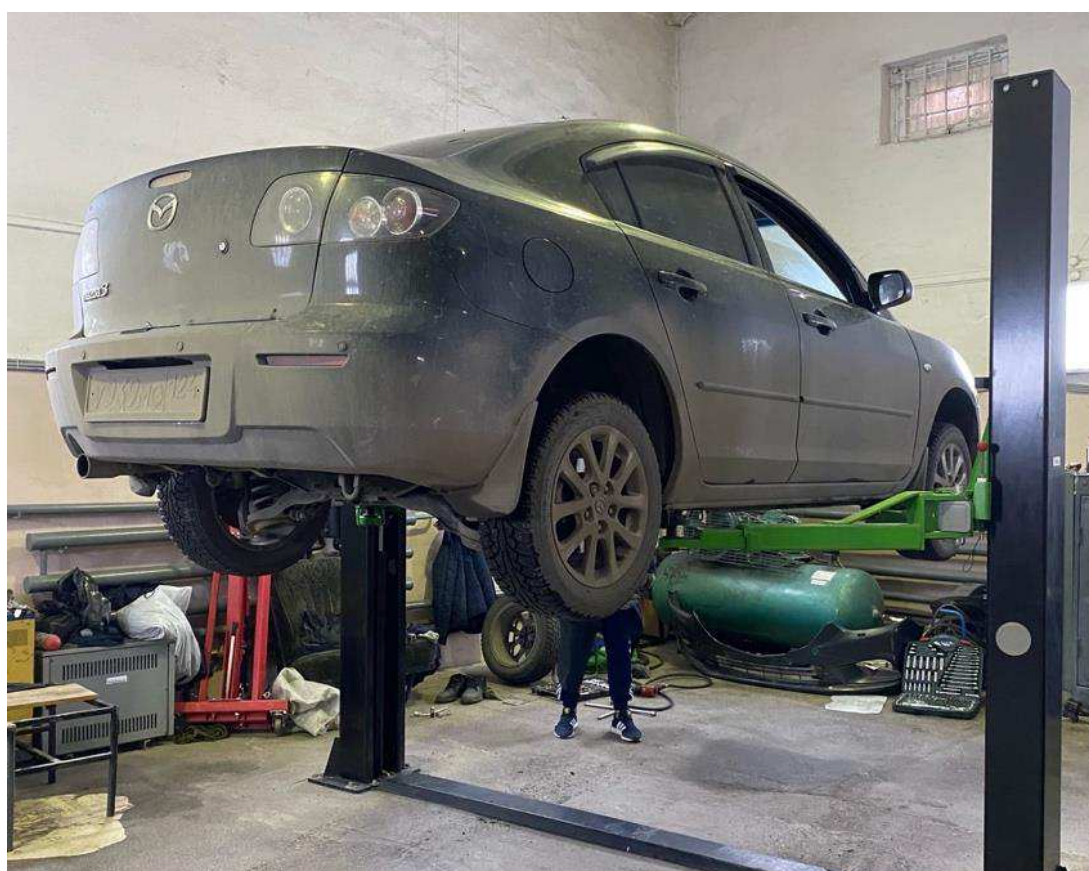


Рисунок 3.12 - Графическое изображение объекта исследования

Для обработки данных отклонения колес автомобиля был выбран закон Нормального распределения или распределением Гаусса, поскольку гистограммы распределения полученных данных представленные на рисунках 3.13 – 3.14 схожа с гистограммой закона Нормального распределения.

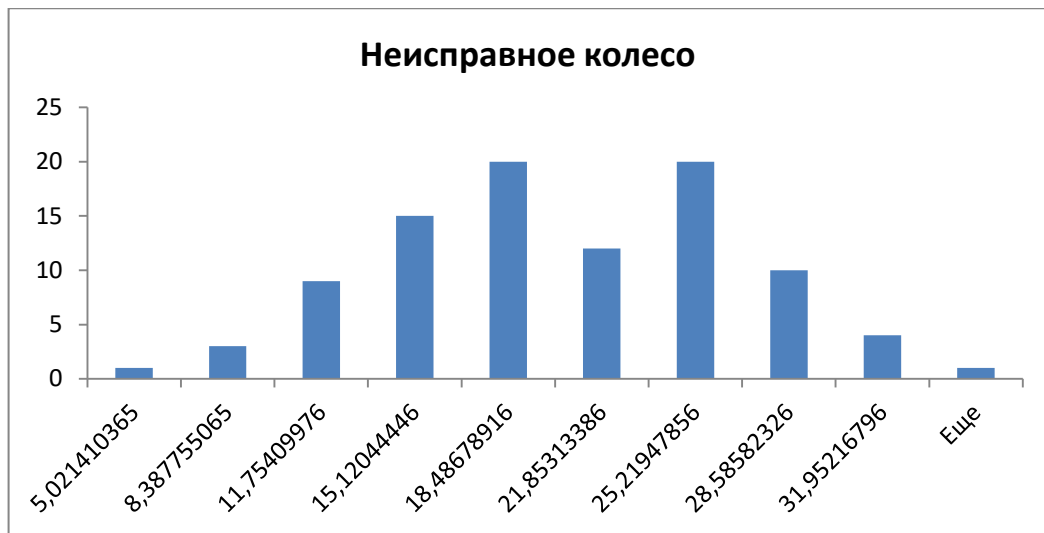


Рисунок 3.13 – Гистограмма распределения отклонений неисправного колеса

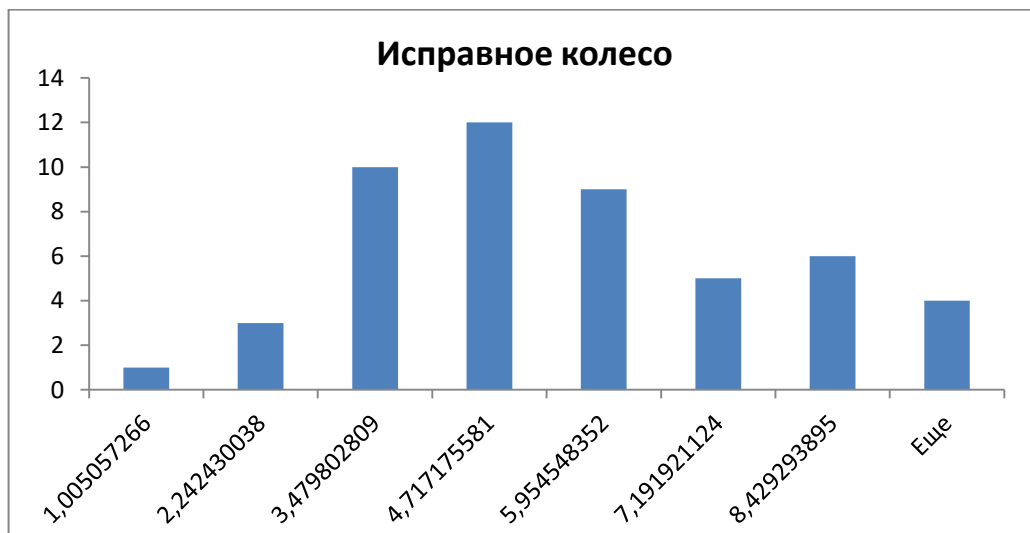


Рисунок 3.14 – Гистограмма распределения отклонений исправного колеса

Данное распределение задано функцией Гаусса, которая представлена формулой 3.1:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.1)$$

где: μ – математическое ожидание

σ – среднее квадратическое отклонение

σ^2 – дисперсия распределения

Математическое ожидание – это наиболее ожидаемое значение при многократном повторении испытаний, которое рассчитывается по формуле 3.2:

$$\mu = \frac{\sum x}{n}, \quad (3.2)$$

где: $\sum x$ – сумма всех полученных значений,

n – количество измерений.

Среднеквадратическое отклонение позволяет нам определить, как далеко рассеиваются полученные значения от математического ожидания и рассчитывается по формуле 3.3:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n}}, \quad (3.3)$$

Далее были произведены расчеты для полученных отклонений исправного колеса по вышеперечисленным формулам и построен график функции указанный на рисунке 3.15.

$$\mu = \frac{246,4}{50} = 4,9$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (7,8 - 4,9)^2}{30}} = 2,5$$

$$f(x) = \frac{1}{6,5\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(5,02-17,02)^2}{2*6,5^2}\right)} = 0,08$$

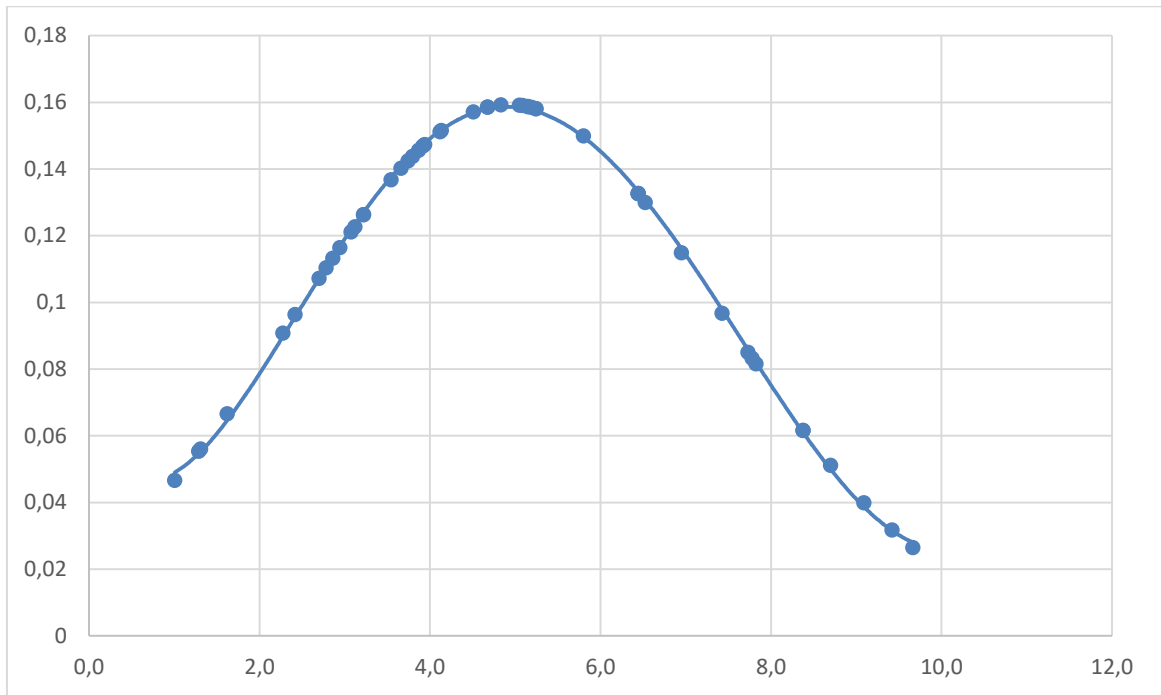


Рисунок 3.15 – График функции отклонений исправного колеса

Такие же вычисления были произведены для отклонений неисправной ходовой частью, график функции представлен на рисунке 3.16.

Результаты для всех отклонений исправной и неисправной ходовой части представлены в таблицах А.1 и А.2 в приложении А.

$$\mu = \frac{1782,6}{95} = 17,02$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (5,02 - 17,02)^2}{95}} = 6,5$$

$$f(x) = \frac{1}{6,5\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(5,02-17,02)^2}{2 \cdot 6,5^2}\right)} = 0,011$$

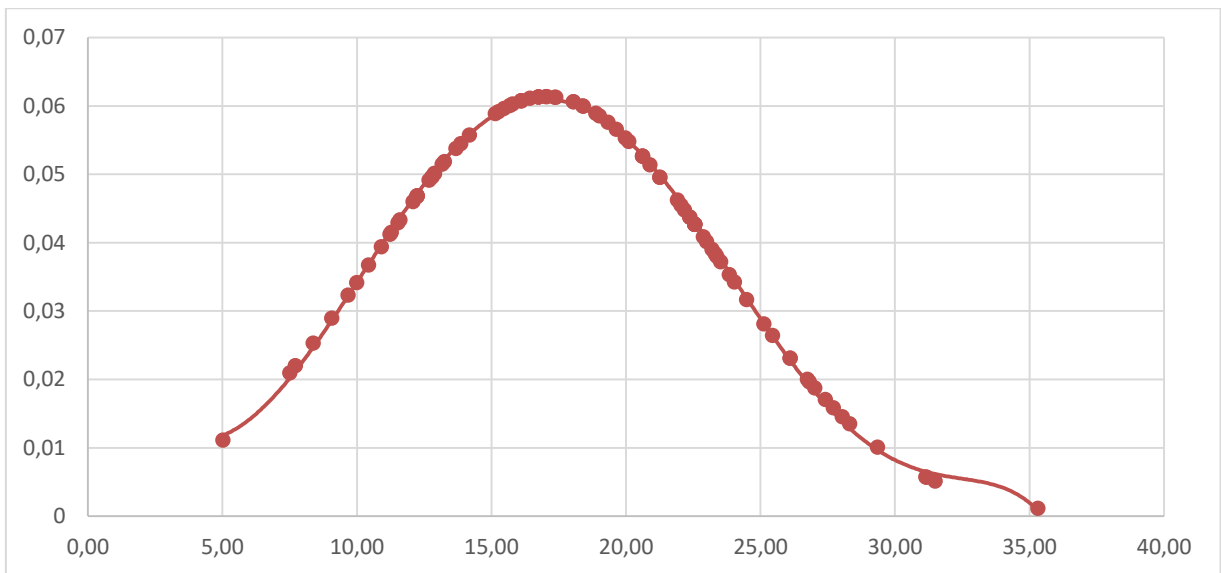


Рисунок 3.16 – График функции отклонений неисправного колеса

Далее для сравнения приставим данные графики на одной диаграмме которая представлена на рисунке 3.17.

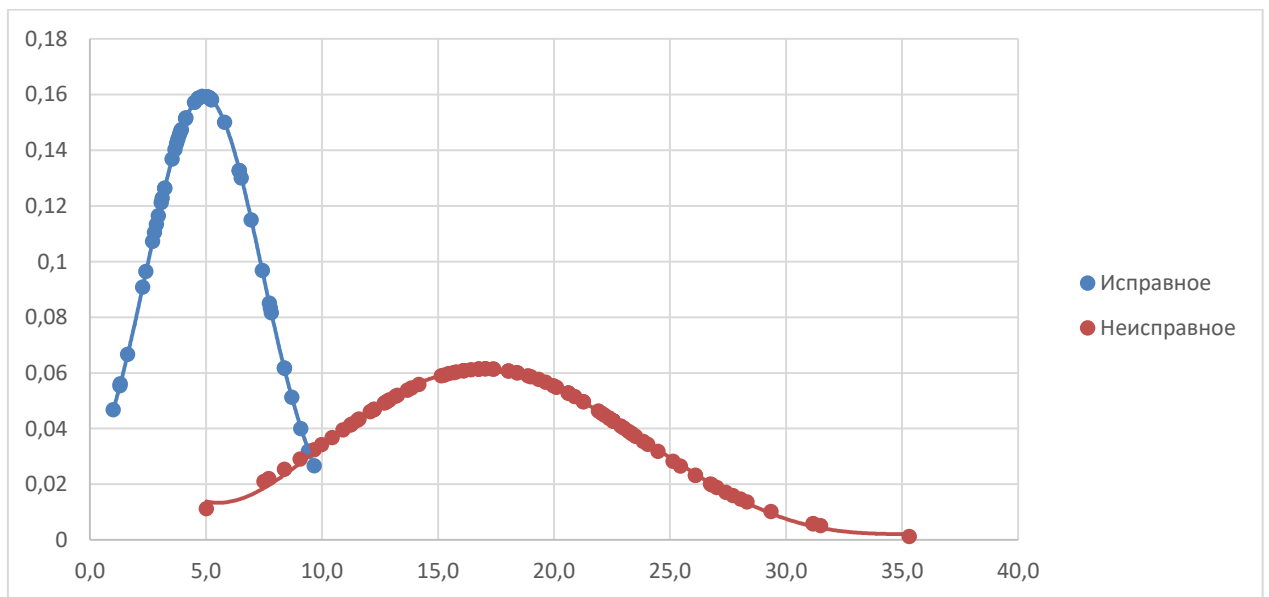


Рисунок 3.17 – Сравнительная диаграмма графиков функций отклонений исправного и неисправного колес

На данном рисунке видно, что отклонение от математического (среднего отклонения) ожидания на неисправном колесе гораздо больше чем на исправном. Так же мы видим, что данные кривые пересекаются на отметке 10 мм. Данное отклонение предлагается использовать как точку отсчета для определения того является ли отклонение сверхнормативным или нет. Если отклонение выходит за отметку в 10 мм, то безусловно, данное отклонение

можно считать сверхнормативным и автомобиль на котором оно было зафиксировано нуждается в диагностики ходовой части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был сделан обзор и анализ методов диагностики состояния ходовой части ТС в ходе которого было выявлено что каждый из методов имеет свои недостатки перед рядовым пользователем автомобиля. В следствии этого был предложен новый метод диагностики состояния ходовой части ТС с помощью анализа визуализированной информации, который учитывает и исправляет эти недостатки.

Был показан способ измерения дистанции на изображении который был протестирован в рамках эксперимент, который приближенный к условиям движения автомобиля по улично-дорожной сети. В ходе эксперимента было доказано, что предложенный метод измерения дистанции способен зафиксировать отклонение колеса относительно колесной арки автомобиля. На основе этого был разработан новый метод диагностики ходовой части который позволяет выявить неисправности в ходовой части ТС с помощью анализа визуализированной информации.

Предложенный метод диагностики ходовой части ТС позволит снизить процент возникновения неисправностей, которые могут стать причиной ДТП. Таким образом предлагаемые мероприятия помогут повысить уровень безопасности на УДС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://rad-star.ru/pressroom/articles/diagnostika-khodovoj-chasti-avto/>
2. http://systemsauto.ru/pendant/double_wishbone_suspension.html
3. <http://systemsauto.ru/pendant/mcpherson.html>
4. <http://systemsauto.ru/pendant/multilink.html>
5. http://systemsauto.ru/pendant/torsion_bar_suspension.html
6. http://systemsauto.ru/pendant/air_suspension.html
7. <http://systemsauto.ru/pendant/hydroactive.html>
8. http://systemsauto.ru/pendant/adaptive_chassis.html
9. http://systemsauto.ru/pendant/axle_suspension.html
10. <https://avtoyoutubb.ru/diagnostika-perednej-podveski.php>
11. <https://www.nordwesttool.ru/statyi/lyuft-detektor/>
12. <https://pandia.ru/text/80/147/26897.php>
13. https://ru.wikipedia.org/wiki/Выделение_границ
14. <http://mechanoid.kiev.ua/cv-image-detector.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
результаты расчетов

Таблица А.1 – Результаты расчетов ТС с исправной ходовой частью

№	Отклонение, мм	f(x)	№	Отклонение, мм	f(x)
1	7,8	0,081608	26	1,3	0,056094
2	2,7	0,107242	27	4,1	0,151575
3	2,3	0,090829	28	9,1	0,039959
4	1,0	0,046668	29	5,1	0,158771
5	3,9	0,147404	30	3,9	0,146898
6	1,6	0,066647	31	3,1	0,122734
7	3,7	0,140229	32	3,7	0,142465
8	4,7	0,158577	33	4,7	0,158588
9	5,2	0,158101	34	3,5	0,136812
10	6,5	0,130021	35	8,7	0,051196
11	5,2	0,158471	36	9,7	0,026551
12	9,4	0,031834	37	6,4	0,132651
13	2,8	0,110386	38	6,4	0,132651
14	3,1	0,121169	39	7,7	0,08504
15	5,1	0,15919	40	5,8	0,149993
16	5,2	0,158143	41	4,8	0,15927
17	2,9	0,113338	42	3,2	0,126366
18	7,4	0,096742	43	8,4	0,061645
19	7,0	0,114925	44	1,3	0,055401
20	4,1	0,151246	45	3,9	0,145687
21	7,8	0,083257	46	5,2	0,158724
22	3,8	0,14386	47	3,2	0,126366
23	2,4	0,096361	48	8,4	0,061645
24	2,9	0,116425	49	4,5	0,157191
25	5,1	0,159064	50	6,4	0,132651

Таблица А.2 – Результаты расчетов ТС с неисправной ходовой частью

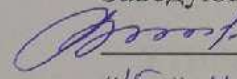
№	Отклонение, мм	f(x)	№	Отклонение, мм	f(x)
1	5,0	0,0112	48	22,2	0,0448
2	17,0	0,0614	49	11,6	0,0433
3	10,9	0,0394	50	16,1	0,0608
4	13,3	0,0519	51	20,0	0,0554
5	26,1	0,0231	52	26,7	0,0200
6	27,4	0,0171	53	9,7	0,0324
7	12,2	0,0467	54	25,1	0,0282
8	24,0	0,0343	55	7,5	0,0210
9	22,4	0,0438	56	31,2	0,0058
10	20,1	0,0548	57	10,4	0,0367
11	13,7	0,0538	58	26,8	0,0197
12	26,1	0,0231	59	13,9	0,0545
13	15,7	0,0601	60	12,9	0,0502
14	23,3	0,0384	61	25,5	0,0264
15	18,4	0,0600	62	18,9	0,0589
16	28,3	0,0135	63	15,1	0,0589
17	17,1	0,0614	64	15,5	0,0597
18	31,2	0,0057	65	20,6	0,0527
19	13,2	0,0515	66	12,2	0,0469
20	35,3	0,0012	67	22,9	0,0409
21	17,4	0,0613	68	23,2	0,0391
22	28,0	0,0146	69	27,7	0,0159
23	11,5	0,0430	70	23,5	0,0372
24	27,0	0,0188	71	22,6	0,0427
25	12,1	0,0460	72	22,6	0,0427
26	29,4	0,0101	73	9,1	0,0290
27	11,3	0,0415	74	22,6	0,0427
28	20,6	0,0527	75	16,1	0,0608
29	12,7	0,0492	76	16,4	0,0612
30	23,0	0,0402	77	19,3	0,0576
31	15,3	0,0592	78	16,8	0,0614
32	22,1	0,0455	79	21,3	0,0496
33	7,7	0,0220	80	22,6	0,0427
34	14,2	0,0558	81	16,1	0,0608
35	21,9	0,0463	82	20,6	0,0527
36	24,5	0,0317	83	17,4	0,0613
37	19,0	0,0586	84	15,8	0,0603
38	21,3	0,0496	85	18,0	0,0606
39	16,8	0,0614	86	23,8	0,0354
40	31,5	0,0051	87	16,8	0,0614
41	12,8	0,0496	88	22,6	0,0427
42	20,9	0,0514	89	18,0	0,0606
43	19,6	0,0566	90	12,2	0,0469
44	18,4	0,0600	91	12,9	0,0502
45	11,2	0,0412	92	8,4	0,0253
46	12,8	0,0496	93	12,2	0,0469
47	10,0	0,0342	94	22,4	0,0437
			95	23,4	0,0380

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Презентационный материал

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

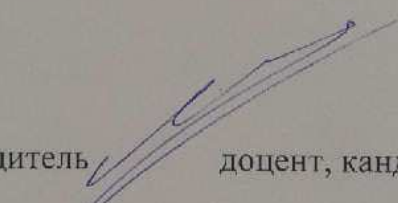
 Е.С. Воеводин
«15» мая 2021 г.

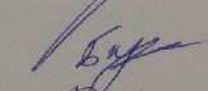
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


Методика дистанционного контроля технического состояния ходовой части ТС
на основе анализа визуализированной информации

23.04.01 – «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 – «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на
транспорте»

Научный руководитель  доцент, канд. техн. наук С.В. Мальчиков

Выпускник  Н.А. Буторин

Рецензент  доцент кафедры, канд. техн. наук В.А. Зеер

Красноярск 2021