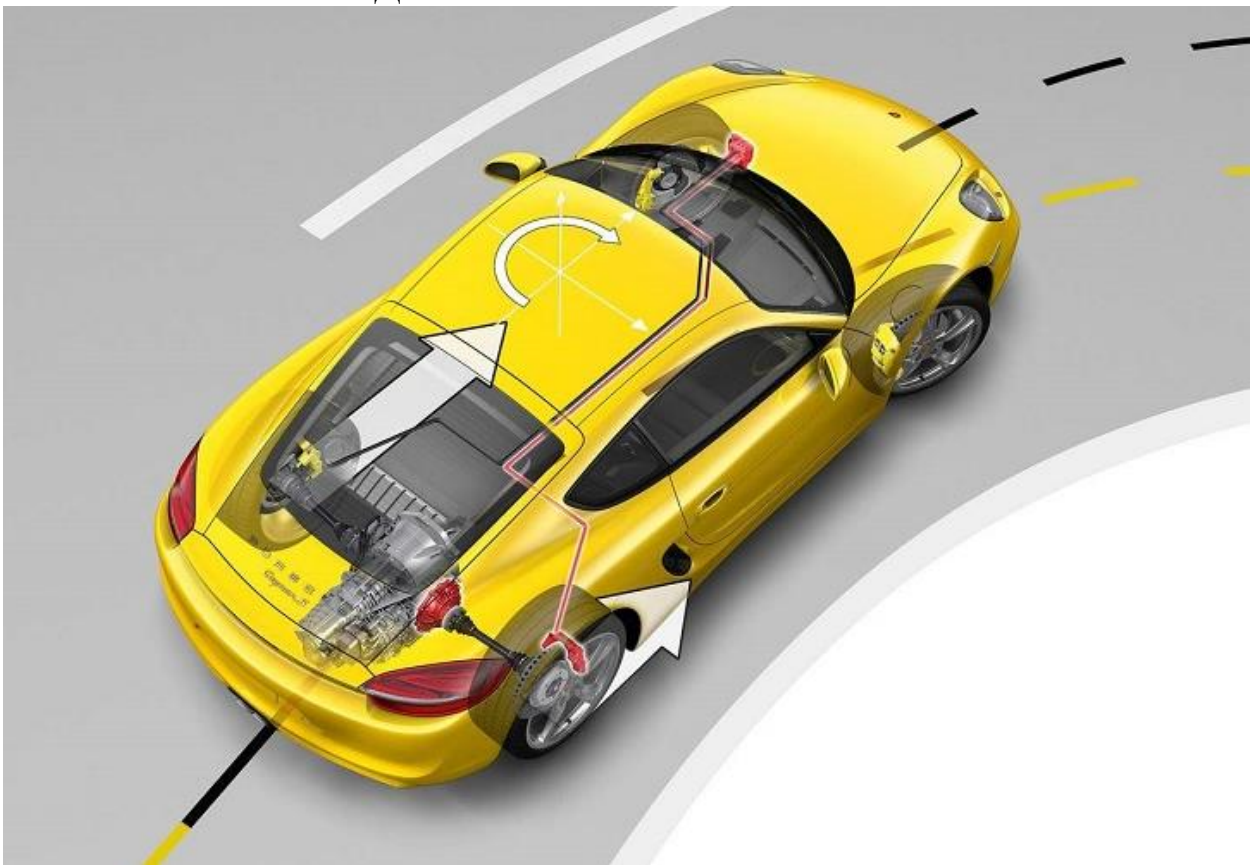


Р.И. Кравченко

## ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЕЙ



Костанай, 2022

Инженерно-технический институт имени А. Айтмухамбетова  
Кафедра машин, тракторов и автомобилей

**Р.И. Кравченко**

# **Динамика автомобилей**

Учебно-методическое пособие

Костанай, 2022

**УДК 629.3**  
**ББК 39.33**  
**К 78**

**Автор:**

Кравченко Руслан Иванович – доктор философии (PhD), ассоциированный профессор (доцент) кафедры машин, тракторов и автомобилей инженерно-технического института имени А. Айтмухамбетова КРУ им. А.Байтурсынова

**Рецензенты:**

Салыков Булат Рахимжанович – к.т.н., заведующий кафедрой машин, тракторов и автомобилей инженерно-технического института имени А. Айтмухамбетова КРУ им. А.Байтурсынова;

Бенюх Олег Анатольевич – к.т.н., профессор кафедры машин, тракторов и автомобилей инженерно-технического института имени А. Айтмухамбетова КРУ им. А.Байтурсынова;

Моисеенко Олег Викторович – к.т.н., заведующий кафедрой транспорта и сервиса КИиЭУ им. М. Дулатова.

Кравченко Р.И.

**К 78** Динамика автомобилей. Учебно-методическое пособие. Костанай: КРУ им. А. Байтурсынова, 2022. – 68с.

ISBN 978-601-356-189-9

В учебно-методическом пособии представлены содержатся темы, цель работы, перечень прибор и оборудования, основные сведения, необходимые для проведения исследований, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Предназначено для образовательной программы 6В07101 – Транспорт, транспортная техника и технологии

**УДК 629.3**  
**ББК 39.33**  
**К 78**

Утверждено и рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом Костанайского регионального университета имени А.Байтурсынова, 13.06.2022 г. протокол № 4

ISBN 978-601-356-189-9

© Костанайский региональный университет им.А.Байтурсынова  
© Кравченко Руслан Иванович

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Определение основных геометрических параметров проходимости и основных размеров автомобиля .....</b>	<b>6</b>
<b>Определение коэффициента вращающихся масс автомобиля .....</b>	<b>12</b>
<b>Экспериментальное определение положение центра тяжести автомобиля.....</b>	<b>15</b>
<b>Определение времени реакции водителя.....</b>	<b>19</b>
<b>Определение тормозных свойств автомобиля.....</b>	<b>22</b>
<b>Исследование влияние люфта рулевого колеса на траекторию движения автомобиля.....</b>	<b>26</b>
<b>Дорожно-экономическая характеристика автомобиля.....</b>	<b>31</b>
<b>Тягово-скоростные качества автомобиля.....</b>	<b>35</b>
<b>Определение коэффициентов сопротивления движению.....</b>	<b>40</b>
<b>Силы, действующие на конструкцию автомобиля.....</b>	<b>47</b>
<b>Устойчивость автомобиля .....</b>	<b>52</b>
<b>Поворачиваемость автомобиля .....</b>	<b>56</b>
<b>Общая динамика автомобиля .....</b>	<b>59</b>
<b>Ходовые системы автомобилей .....</b>	<b>62</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>67</b>
<b>Список использованных источников.....</b>	<b>68</b>

## **Введение**

Дисциплина «Динамика автомобилей» является фундаментальной дисциплиной в подготовке бакалавров техники и технологии по образовательной программе 6В07101 – Транспорт, транспортная техника и технологии

Целью курса является обеспечение необходимого уровня подготовки студентов по теоретическим и практическим вопросам этой науки и приобретение прочных знаний о применении и устройстве автомобилей.

После успешного завершения курса обучающиеся будут знать параметры и их показатели, характеризующие колебательные системы; эксплуатационные свойства автомобилей и их показатели; внешние силы, действующие на автомобиль и на отдельные узлы и агрегаты, влияние внешних сил на динамику процессов в узлах и агрегатах автомобилей.

Учебное пособие способствует овладению навыками использования теоретических расчетов по динамике в автомобилях, способностью определения технико-эксплуатационного состояния автомобилей.

В учебное пособие «Динамика автомобилей» включены вопросы, связанные с теорией транспортных средств, с определением их технико-эксплуатационных показателей.

**Тема:** Определение основных геометрических параметров проходимости и основных размеров автомобиля

**Цель:** Познакомиться с методикой определения геометрических параметров проходимости автомобиля

**Приборы и оборудование:** рулетка, линейка, угломер, циркуль.

Геометрические факторы проходимости автомобиля характеризуются его способностью не задевать препятствий на пути его движения.

Данные факторы определяются конструктивными особенностями автотранспортных средств.

*Дорожный просвет* - это расстояние от опорной поверхности (дороги) до самой низшей точки АТС, например картера ведущего моста.

Дорожный просвет определяет проходимость АТС при проезде неровных участков дороги.

Существуют: продольный  $R_1$  и поперечный  $R_2$  радиусы проходимости.

*Продольный радиус проходимости*  $R_1$  - это радиус окружности, которая касается передних и задних колес и наиболее низкой точки машины в его центральной части. Определяет радиус условной цилиндрической поверхности, которую машина может преодолеть, не задевая ее низшей точкой, расположенной в ее средней части. Чем меньше  $R_1$ , тем более крутые неровности АТС может преодолеть [1].

*Поперечный радиус проходимости*  $R_2$  определяет проходимость машины через неровности, равных ширине колеи машины. Чем меньше  $R_2$ , тем выше проходимость через препятствия данного вида [1].

При определении геометрических параметров проходимости необходимо знать его углы переднего и заднего свеса.

*Углы переднего  $\gamma_1$  и заднего  $\gamma_2$  свеса*, а также *передний  $a$  и задний  $b$  свесы* определяют проходимость машины по неровным участкам дороги, при въезде на препятствие или съезде с него.

Для определения углов  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  необходимо провести касательные к внешним окружностям шин передних и задних колес и к наиболее удаленным передней и задней частям транспортного средства [1], рисунок 1.

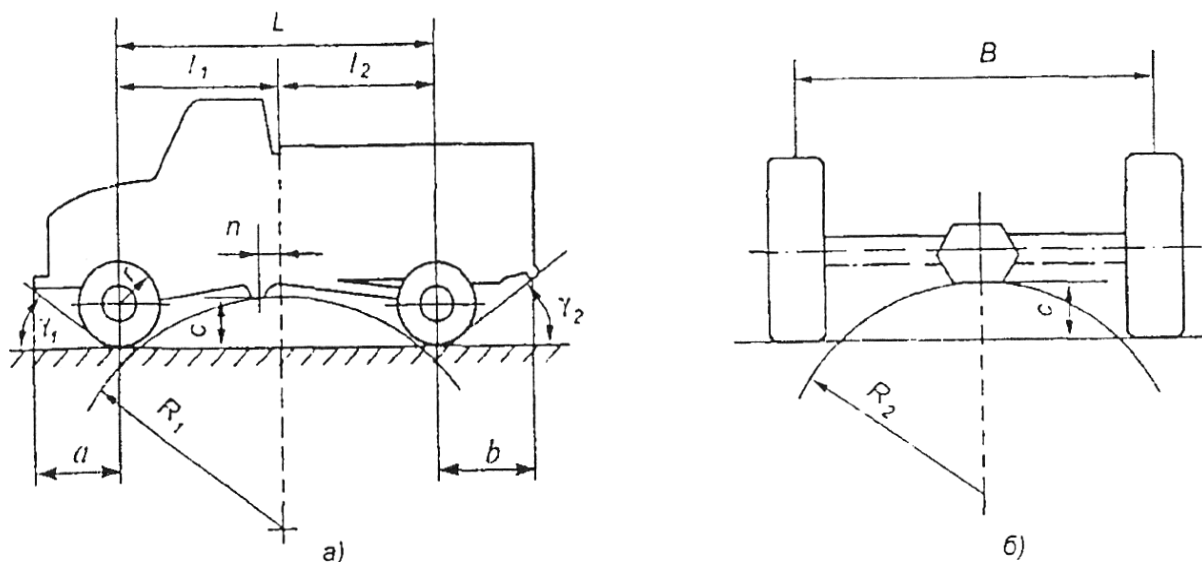


Рисунок 1 – Геометрические факторы, влияющие на проходимость автомобиля

- а) продольная,
- б) поперечная

Чем больше углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , тем более пологое препятствие сможет преодолеть транспортное средство. Передний либо задний свес представляет собой расстояние от крайней точки контура передней, либо задней выступающей части транспортного средства по длине до плоскости, перпендикулярной опорной поверхности и проходящей через центры передних (задних) колес транспортного средства [1].

База автомобиля ( $L$ ) оказывает большую роль на возможность преодоления препятствий автомобилем, рисунок 2.



Рисунок 2 – Колесная база автомобиля LADA Largus

Чем больше база транспортного средства, тем больше высота, которую способно преодолеть транспортное средство.

*Радиус колеса  $r$*  - характеризует проходимость АТС через препятствия и рвы, а также влияет на сопротивление движения транспортного средства по деформируемым грунтам. Соответственно радиус равен половине диаметра колеса [1]. Чем больше радиус колеса, тем выше проходимость автомобиля, рисунок 3.



Рисунок 3 – Общий диаметр колеса автомобиля

*Маневренность автомобиля* - описывается минимальным радиусом поворота переднего наружного колеса транспортного средства, рисунок 4.

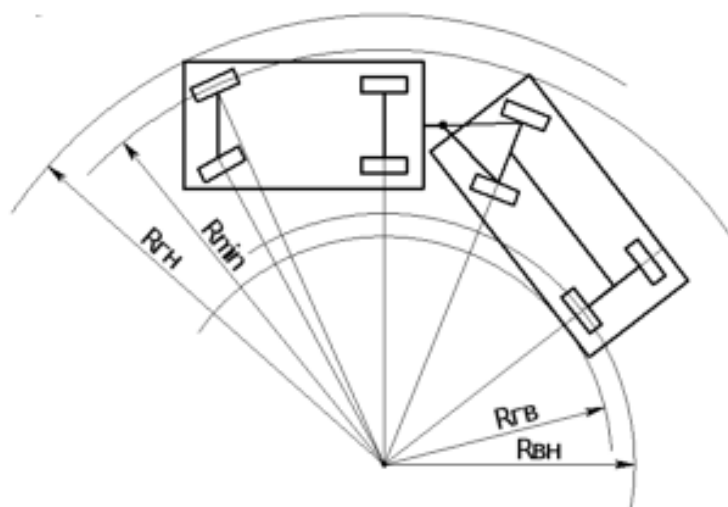


Рисунок 4 – Схема для определения минимального радиуса поворота автомобиля

Методика определения геометрических параметров проходимости автомобиля

К геометрическим параметрам проходимости автомобиля относятся:

- ✓ вертикальный дорожный просвет под АТС, он же клиренс;
- ✓ передний и задний углы проходимости;
- ✓ продольный и поперечный радиусы проходимости.



Определение геометрических параметров производится практическим способом - путём замеров с использованием измерительных приборов: линеек, рулеток, угломеров и построениями схем, рисунки 5,6.

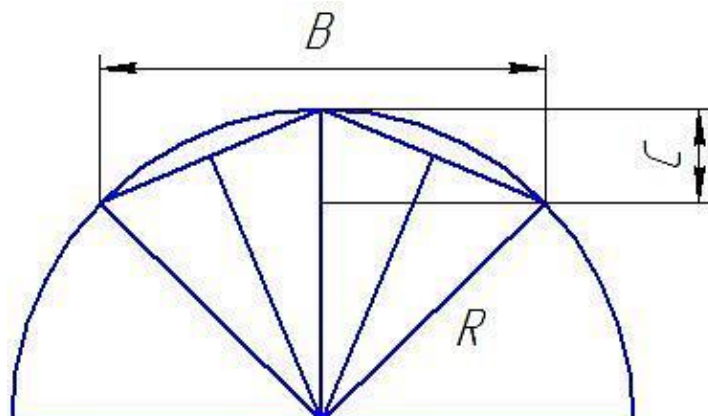


Рисунок 5 – Схема для определения поперечного радиуса проходимости

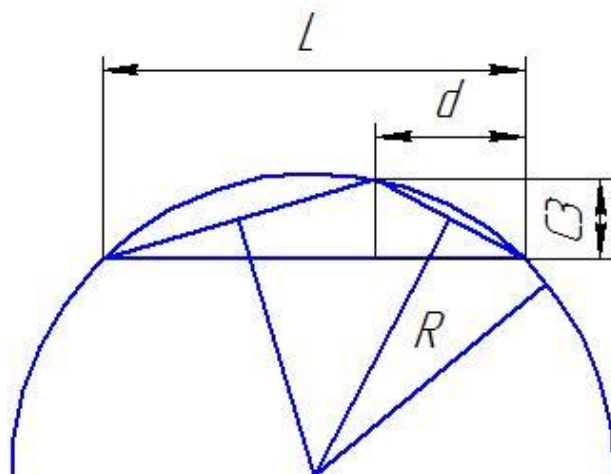


Рисунок 6 – Схема для определения продольного радиуса проходимости

Обратите внимание, что все измерения проводятся при помощи измерительных инструментов. Важно, чтобы кратность измерений была не менее 3 раз. Далее средние значения полученных результатов измерений заносят в таблицу 1.

Полученные значения практическим путем в результате измерений необходимо сравнить с данными завода-изготовителя и затем определить относительную погрешность измерений в процентах.

Относительная погрешность измерения величины базы автомобиля  $\delta_L$  рассчитывается по формуле:

$$\delta_L = \frac{L_{cp} - L}{L} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $L_{cp}$  – среднее значение замеров базы автомобиля, мм;

$L$  – значение базы автомобиля по данным завода-изготовителя, мм.

По результатам измерений можно приступить к построению схемы в масштабе для определения переднего и задних углов проходимости транспортного средства геометрическим путём [2].

Продольный и поперечный углы проходимости можно определить как аналитически, так и графически, рисунки 5 и 6.

Рассмотрим аналитический метод определения продольного радиуса проходимости:

$$R = \frac{0,5C_2 + 0,125B_2^2}{C_2}, \text{ мм} \quad (2)$$

где  $C_2$  – дорожный просвет под задним мостом, мм;

$B_2$  – колея задних колёс, мм.

Таблица 1 – Основные размеры и геометрические параметры автомобиля

Измеряемая величина	Обознач.	Рез-ты измер	Табл знач.	Разн величин	Отн ошиб	Примечание
Длина, мм	A					
Ширина, мм	C					
Высота, мм	H					
База, мм	L					
Колея передних колес, мм	$B_1$					
Колея задних колес, мм	$B_2$					
Радиус ненагруженного колеса, мм	$r_H$					
Статический радиус колеса, мм	$R_c$					
Ширина шины по протектору, мм	$B_{ш}$					
Высота крюка, мм	h					
Высота платформы, мм	h					
Дорожный просвет, мм: -под передним мостом -под задним мостом -под нижней средней точкой	$C_1$ $C_2$ $C_3$					
Передний угол проходимости, град	$\gamma_1$					
Задний угол проходимости, град	$\gamma_2$					
Радиус поперечной проходимости, мм -аналитически -графически	$R_n$					
Радиус продольной проходимости, мм -аналитически -графически	$R_{пр}$					
Продольный угол перелома, град	$\beta$					
Глубина брода, мм по аккумулятору по выпускной трубе						

Продольный радиус проходимости транспортного средства  $R_{пр}$  определяется из следующего выражения:

$$R_{пр} = \frac{\sqrt{c_3^2 + (L-d)}}{2c_3} \sqrt{c_3^2 + d^2}, \text{ мм} \quad (3)$$

где  $C_3$  – дорожный просвет под нижней точкой автомобиля, мм;

$d$  – расстояние от точки контакта переднего колеса с дорогой до нижней точки, мм.

Затем, используя подручные инструменты приступают к построению схем.

При помощи циркуля по полученному масштабу геометрически определяют поперечный и продольный радиусы проходимости.

Схемы строят при помощи линейки, карандаша и циркуля.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение термину дорожный просвет
2. Что представляет собой база автомобиля?
3. Продольный радиус проходимости, как определяется?
4. Поперечный радиус проходимости, как определяется?
5. Как влияют на проходимость автомобиля следующие величины:
  - углы проходимости;
  - радиус проходимости;
  - дорожный просвет;
  - радиус колёс;
  - расположение прерывателя, аккумулятора, вентилятора, выпускной системы

**Тема:** Определение коэффициента вращающихся масс автомобиля

**Цель:** Освоить методику по определению момента инерции коленчатого вала, маховика, колёс и коэффициента учёта вращающихся масс на различных передачах.

**Приборы и оборудование:** стенд для проведения испытаний, секундомер, весы.

Из курса физики мы знаем, что кинетическая энергия тела, совершающего одновременно поступательное и вращательное движение, больше, чем кинетическая энергия тела, совершающего только лишь поступательное движение.

На приобретение этой кинетической энергии соответственно затрачивается большее количество энергии, которая вырабатывается ДВС автомобиля.

В АТС находятся части, которые как раз таки совершают одновременно поступательное и вращательное движение, например, коленвал, колёса транспортного средства. Вышеуказанное необходимо для коэффициента учёта вращающихся масс.

Коэффициент учёта вращающихся масс  $\delta$  входит в уравнение движения транспортного средства и способно влиять на возможность транспортного средства разогнаться [3].

Формула для определения коэффициента учёта вращающихся масс выглядит следующим образом:

$$\delta = 1 + \frac{I_{\text{МК}} \cdot i_{\text{ТР}}^2 \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot g}{r_{\text{К}}^2 \cdot G_{\text{а}}} + \sum I_{\text{К}} \cdot \frac{g}{r_{\text{К}}^2 \cdot G_{\text{а}}}, \quad (4)$$

где  $I_{\text{МК}}$  – момент инерции маховика в сборе с коленчатым валом,  $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$ ;

$\eta_{\text{ТР}}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии;

$r_{\text{К}}$  – радиус качения колеса, м;

$G_{\text{а}}$  – вес автомобиля, Н;

$I_{\text{К}}$  – момент инерции колеса со ступицей и тормозным барабаном,  $\text{с}^2$ ;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$i_{\text{ТР}}$  – передаточное число трансмиссии,  $i = i_{\text{КП}} \cdot i_0$  ( $i_{\text{КП}}$  – передаточное число коробки передач,  $i_0$  – передаточное число редуктора ведущего моста)

В выражении (4) неизвестны моменты инерции  $I_{\text{К}}$  и  $I_{\text{МК}}$ .

Для их определения существует метод крутильных колебаний. Сущность метода заключается в том, что испытуемая деталь подвешивается на трех нитях и измеряется период ее колебаний относительно оси вращения [4].

На рисунке 7 показана схема установки для определения периода колебаний. С целью простоты - нити крепятся к специальному стальному диску, имеющему отверстия.

Момент инерции диска и жесткость нитей должны быть пренебрежимо малы во избежание существенных искажений в определении периода колебаний [4].

При указанной длине нитей и расстоянии между ними момент инерции подсчитывается по формуле:

$$I = 8,444 \cdot 10^{-5} G \cdot a^2 \cdot \tau^2 / l \quad (5)$$

где  $G$  – масса испытуемой детали, кг;

$a = 16$  см – расстояние между нитями;

$l = 168$  см – длина нитей;

$\tau$  – период колебаний детали, с.

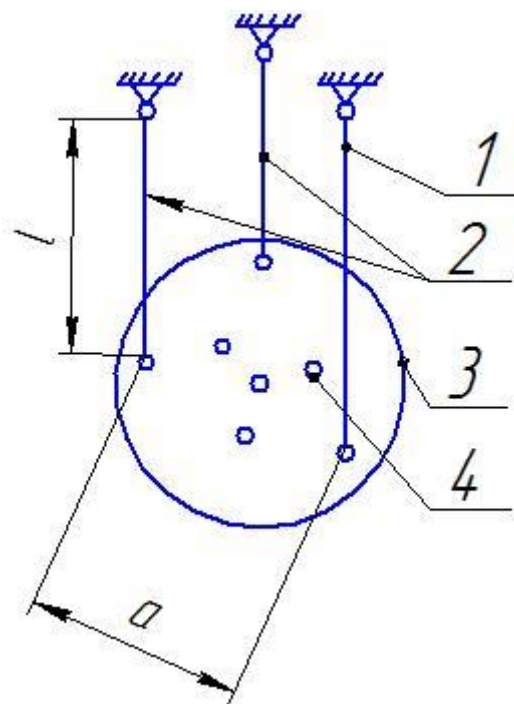


Рисунок 7 – Схема установки для определения периода колебаний

1 - опоры подвесные; 2 - нити; 3 - диск; 4 - отверстия для крепления детали

Порядок выполнения работы:

- Проверить горизонтальность диска, при необходимости отрегулировать через опоры подвеса.
- Взвесить испытуемые детали.
- Установить испытуемую деталь на диск так, чтобы ее ось вращения располагалась по центру диска и была вертикальной.

- Повернуть диск вместе с деталью на  $45...60^{\circ}$  относительно оси вращения и отпустить, дав возможность колебаться.
- С помощью секундомера измерить время 10 полных периодов колебаний.
- Рассчитать величины моментов инерции испытуемых деталей.
- Рассчитать величины коэффициентов учета вращающихся масс для всех передач трансмиссии.
- Данные расчетов отразить на графике зависимости коэффициента учета вращающихся масс автомобиля от передаточного числа трансмиссии для полностью груженого и порожнего автомобиля [4], рисунок 8.

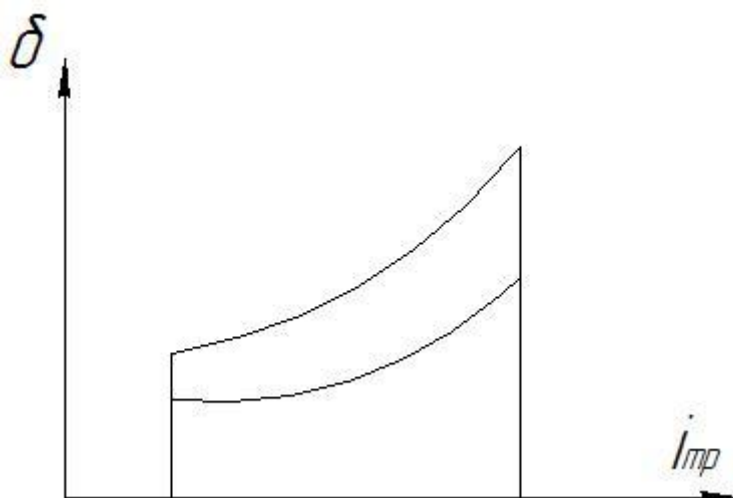


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента учета вращающихся масс от передаточного числа трансмиссии

1 – груженого автомобиля, 2 – порожнего автомобиля

### Контрольные вопросы:

1. Что такое коэффициент учета вращающихся масс?
2. Как влияет коэффициент учета вращающихся масс на ускорение автомобиля?
3. Как влияет на коэффициент учета вращающихся масс передаточное число трансмиссии?
4. Как влияет на коэффициент учета вращающихся масс ускорение автомобиля?
5. Проанализируйте источники погрешностей при проведении эксперимента.

**Тема:** Экспериментальное определение положения центра тяжести

**Цель:** Изучить методику определения положения центра тяжести автомобиля

**Приборы и оборудование:** весы, таль подвесная, прибор для определения угла наклона рамы автомобиля, динамометр.

Положение центра тяжести транспортного средства способно существенно влиять на его динамические качества.

Аналитический способ определения центра тяжести АТС считается довольно сложным, включающим в себя большое количество расчетов и дает только ориентировочные результаты, поэтому он применяется главным образом при предварительных расчетах в процессе проектирования машины.

Наиболее простым и более надежным, достоверным способом определения положения ЦТ считается практический способ определения центра тяжести (опытным путем).

Рассмотрим его более подробно. Для того чтобы найти продольную координату центра тяжести, транспортное средство необходимо установить поочередно передними и задними колесами на платформу весов, а колесами другой оси – на твердую поверхность, расположенную на одном уровне с платформой [5], (рисунок 9).

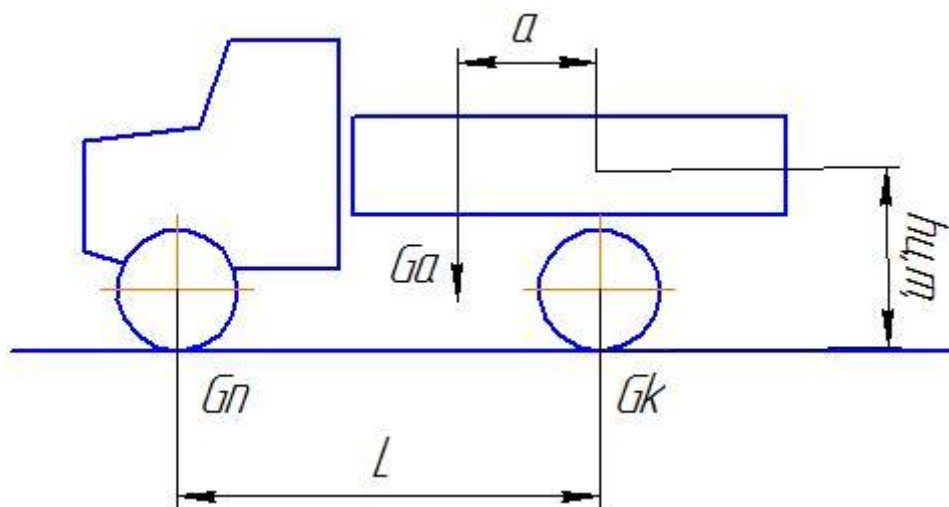


Рисунок 9 – Схема определения продольной координаты центра тяжести

По показаниям весов в дальнейшем уже поочередно замеряют вес  $G_n$ , который приходится на передние колеса, и вес  $G_k$ , приходящийся на задние колеса испытуемого транспортного средства.

По их сумме определяется общий вес машины  $G$ .

Продольная координата центра тяжести «а» находится по формуле:

$$a = L G_n / G, \quad (6)$$

где  $L$  – база автомобиля, м.

Например: показания весов при определении продольной координаты центра тяжести порожнего автомобиля ГАЗ-53А:

- ✓ вес, приходящийся на передние колеса  $G_n = 16235\text{Н}$ ,
- ✓ на задние колеса  $G_k = 17765\text{Н}$ ,
- ✓ продольная база автомобиля  $L = 3,6$  м.

Определить продольную координату центра тяжести автомобиля ГАЗ-53А?

Приступим к расчетам. Определим вес автомобиля ГАЗ-53А

Вес автомобиля ГАЗ-53А будет равен:

$$G = G_n + G_k = 16235 + 17765 = 34000 \text{ Н.}$$

Используя формулу (6), получаем значение продольной координаты центра тяжести «а»:

$$a = L \frac{G}{G} = 3,6 \frac{16235}{34000} = 1,719\text{м} = 1719 \text{ мм}$$

Если же у вас отсутствуют напольные весы, допускается использование динамометра с талью.

В таком случае АТС устанавливают на горизонтальную площадку, имеющую необходимые приспособления для подъема автомобиля и замера усилия при этом.

Затем его поочередно поднимают за переднюю и заднюю ось до момента, когда колеса полностью вывешиваются [5].

По показаниям динамометра ( $P_d$ ), так же как и по показаниям весов, определяют продольную координату центра тяжести по формуле (6).

Для определения вертикальной координаты центра тяжести порожнего автомобиля также можно использовать динамометр и таль.

Для этого необходимы: приспособление, позволяющее зацепить крюком переднюю часть автомобиля, и прибор для определения угла наклона рамы автомобиля [5], (рисунок 10).



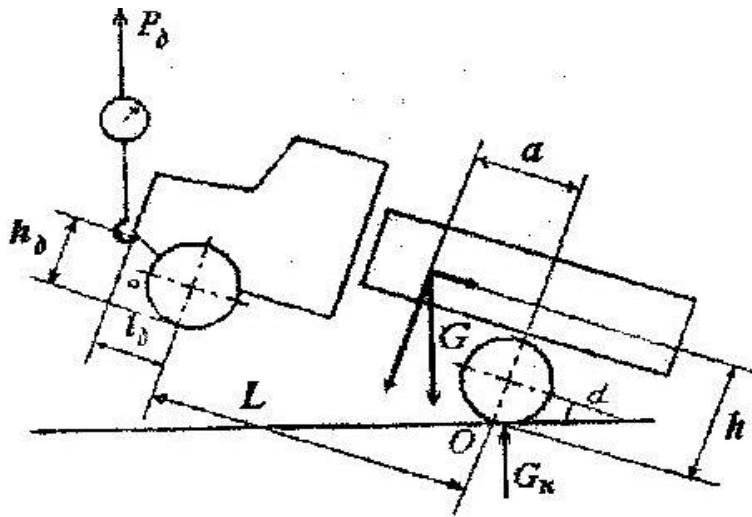


Рисунок 10 - Схема сил, действующих на автомобиль при подъеме передней части

### Обратите внимание!

Прежде чем поднимать автомобиль, необходимо выполнить:

1. Установить автомобиль на ровной горизонтальной площадке и затем замерить его базу  $L$ , мм;
2. Измерить расстояние от передней оси автомобиля до точки прицепа подъемного устройства  $l_d$ , мм;
3. Измерить высоту точки прицепа над уровнем опорной поверхности автомобиля  $h_d$ , мм.

### Примечания:

1. Необходимо соблюдать все требования ТБ!
2. Продольная координата центра тяжести «а» и вес автомобиля  $G$  известны по результатам экспериментального определения продольной координаты центра тяжести автомобиля согласно вышеуказанной методике.
3. Перед началом эксперимента необходимо убедиться в исправности и надежности подъемного устройства (таль, динамометр, прицепное устройство)
4. Важно, чтобы положение точки прицепа при подъеме автомобиля совпадало с его продольной осью.

Подъем автомобиля с помощью тали обеспечивает вертикальное положение троса подъема и динамометра. Подъем необходимо осуществлять, соблюдая все меры предосторожности, ТБ, выполняя все по порядку.

Важно, чтобы величина подъема АТС должна быть в пределах 0,1 - 0,2 м над уровнем опорной поверхности ( $\alpha$  в пределах  $5 \dots 10^0$ ).

При установившейся стрелке динамометра необходимо снять показания.

Для того чтобы получить точные результаты эксперимент, следует выполнять замеры повторить с трехкратной повторностью (при трехкратном подъеме и опускании автомобиля на один и тот же угол по показаниям прибора).

Результаты экспериментов занести в протокол испытаний (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Результаты экспериментальных замеров

№ опыта	H, мм	L <sub>д</sub> , мм	H <sub>д</sub> , мм	α <sup>0</sup>	P <sub>д</sub> , Н	G, Н	α, мм
1							
2							
3							
Среднее значение							

По результатам экспериментальных данных становится возможным определить вертикальную координату центра тяжести, используя формулу (7), полученную из уравнения моментов относительно точки O, (рисунок 10).

$$h_{\text{цт}} = \text{ctg} \alpha \left( a - \frac{P_{\text{д}}}{G} (h + l_{\text{д}}) \right) + \frac{P_{\text{д}}}{G} \cdot h_{\text{д}} \quad (7)$$

#### Контрольные вопросы:

1. На какие качества автомобиля оказывает влияние положение центра тяжести?
2. Какое влияние на устойчивость автомобиля оказывает значение вертикальной координаты центра тяжести?
3. Какое влияние на распределение веса по осям автомобиля оказывает продольная координата центра тяжести?
4. Оказывает ли влияние на координаты центра тяжести автомобиля вид и масса перевозимого груза?
5. Расскажите методику определения положения центра тяжести автомобиля.

**Тема:** Определение времени реакции водителя

**Цель:** Познакомиться с методикой определения времени реакции водителя

**Приборы и оборудование:** стенд с органами управления тормозной системой автомобиля, светофорное устройство с кнопками управления сигналами, секундомер.

Время реакции водителя представляет собой интервал времени, проходящий с момента обнаружения водителем, препятствия или другой опасности до момента, когда он начинает предпринимать активные действия, направленные на избежание возникшей угрозы [6].

Быстрое реагирование считается одним из важнейших психических качеств, позволяющих водителям АТС обеспечивать безопасность во время движения. Считается, что среднее время реакции водителя автомобиля лежит в пределах от 0,4 до 1,6 с.

Путь, проходимый автомобилем с начала торможения до полной остановки, называется *путем торможения* или *тормозным путем* ( $P_T$ ), рисунок 11 [6]. А путь, который проходит автомобиль с того момента, когда водитель заметил опасность, вплоть до полной остановки транспортного средства, называется *остановочным путем* ( $P_{TL}$ ), рисунок 11.

Таким образом, остановочный путь ( $P_{TL}$ ) равен пути, проходимому за время реакции водителя ( $R_T$ ) + тормозной путь ( $P_T$ ) [6].

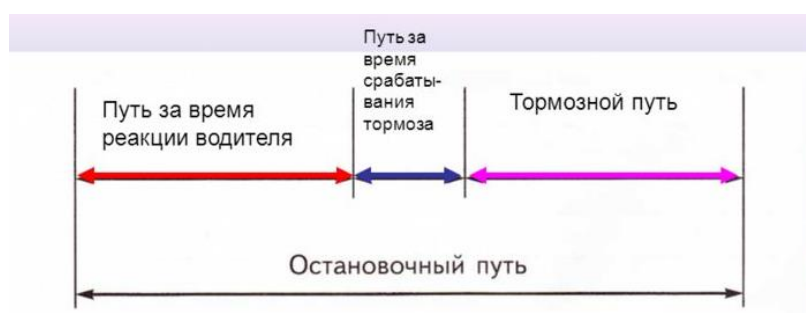


Рисунок 11 – Определение тормозного и остановочного пути

Время реакции водителя АТС складывается из психической и физической реакции:

$$\tau_{рв} = \tau_n + \tau_f \quad (8)$$

Время психической реакции – это время с момента обнаружения водителем препятствия до начала принятия им действия. Время физической реакции наступает с момента принятия решения до момента касания рукой или ногой необходимого органа управления автомобилем.

Время психической реакции водителя  $\tau_n$  характеризует индивидуальные качества водителя [6].

Время  $\tau_f$  характеризует не только физическую реакцию водителя, но и совершенство конструкции АТС; например, правильное расположение органов управления, легкость их нахождения, удобство пользования, обзорность, и прочее.

Замедленная реакция водителя может стать одной из причин ДТП, особенно на больших скоростях. Она не является постоянной величиной и зависит от каждодневного психического и физического состояния водителя. Поэтому исследованию времени реакции водителя необходимо уделять постоянное внимание [6].

### Время реакции водителя

Согласно множеству проведенных исследований учеными было установлено, что среднее время реакции водителей находится в пределах 0,3 – 1,5 с. Разница в 1,2 с, выраженная в разности дистанций тормозного пути и составляет 20 м (при скорости 60 км/ч и нормальном сухом покрытии), рисунок 12. Именно эти 20 м (а в некоторых случаях достаточно и более короткого расстояния) могут стать причиной совершения ДТП [6].

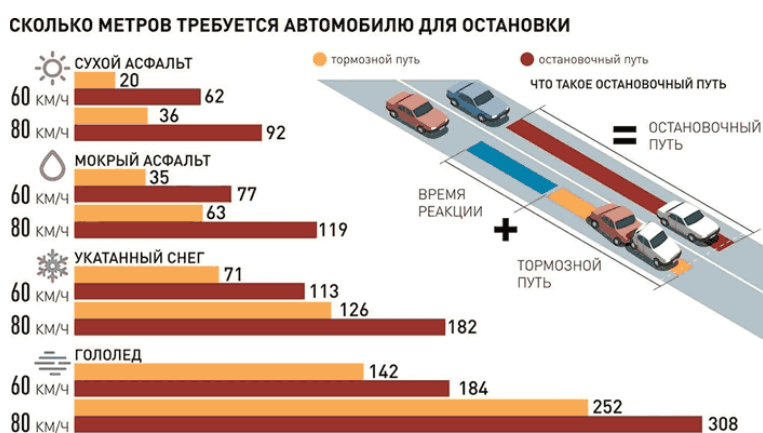


Рисунок 12 – Длина остановочного пути в зависимости от типа покрытия дорожного полотна

Значение реакции – это не постоянная величина для человека. На ее оказывает влияние множество факторов, некоторые из которых человек способен скорректировать в сторону улучшения, а другие являются индивидуальными характеристиками организма человека.

Термин «время реакции» - это промежуток времени, прошедший с начала возникновения аварийной ситуации и до момента совершения действия водителем направленного на его устранение.

Условно этот промежуток времени можно разделить на два интервала – сенсорный и моторный. Сенсорный интервал - это период времени, затрачиваемого на восприятие сложившейся опасной дорожной ситуации, выделение создающего опасность объекта и принятие решения для предотвращения ДТП. Моторный интервал – это временной промежуток, затрачиваемый на выполнение действий по управлению АТС для

предотвращения ДТП. В исследованиях было определено, что длительность моторного интервала практически одинакова, стабильна у каждого человека [6].

Среди основных факторов, влияющих на продолжительность реакции, можно выделить трудность в принятии решения (зависит от аварийной обстановки), пол, возраст, стаж вождения (опыт), состояние организма (здоров, болен, эмоционально напряжен, утомлен и др.), концентрацию внимания на опасных факторах и индивидуальные психологические особенности личности водителя, а также климатические факторы и время суток.

Пол и возраст водителя оказывают влияние на зрительно-моторную реакцию. До 20-25 лет она составляет в среднем 0,17-0,18 с для простой и 1,54-1,57 с для сложной реакции, а к 60-65 годам достигает 0,26-0,3с для простой и 2-2,04 с для сложной реакции. Такое различие вызвано тем, что для сложной реакции характерен выбор более правильного решения из множества вариантов. Именно на этот показатель сильно влияет опыт вождения [6].

**Время простой реакции** в зависимости от пола, у женщин и мужчин не сильно отличаются, для сложной же реакции женщинам требуется в среднем 2,62-2,82 с, в то время как у мужчин этот показатель составляет 1,7-1,82 с. Что касается типов темперамента, так у холериков этот показатель на 25 – 30 % ниже, чем у флегматиков, однако количество ошибочных действий у них было больше.

Такой фактор, как эмоции, изменяет **время реакции водителя** в зависимости от личностных характеристик. Так при проведении лабораторных исследований среднее время реакции испытуемых составляло 0,4-0,5 с, а в реальных условиях время реакции на 1 с больше. Это объясняется психологической неготовностью водителя, выражающейся через ощущение растерянности и возникновения шокового состояния. Наибольшее влияние эмоции оказывают на продолжительность сложной реакции [6].

Что касается времени суток, то зависимость времени реакции является результатом преобладания тормозящих процессов мозга человека в ночной период. Поэтому ночью время реакции увеличивается на 20 – 25 % по сравнению с периодом времени с 7 часов до 13 часов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Из каких составляющих складывается полное время реакции водителя и как оно изменяется по мере утомления водителя?
2. Как изменяется время реакции водителя в зависимости от его психического и физического состояния?
3. Как проводится эксперимент?
4. Как определяется полное время реакции и его составляющие?
5. Как влияет время реакции водителя на остановочный путь?
6. Как влияет время реакции водителя на дистанцию безопасности между автомобилями?

**Тема:** Определение тормозных свойств автомобиля

**Цель:** Ознакомиться с методикой определения величины и характера замедления, тормозного пути и времени торможения

**Приборы и оборудование:** секундомер, автомобиль

Тормозные свойства АТС характеризуются как можно меньшим тормозным путем во время начальной скорости и времени торможения; минимальным временем торможения при начальной скорости; величиной и характером изменения максимального замедления транспортного средства.

**Торможение** - это процесс создания и изменения искусственного сопротивления движению транспортного средства, направленный на уменьшение его скорости или удержания АТС неподвижным относительно дороги [6].

**Тормозные свойства** — это совокупность свойств, которые определяют максимальное замедление АТС при его движении на различных типах дорог в тормозном режиме, предельные значения внешних сил, при действии которых тормозящее транспортное средство в данный момент надежно удерживается на месте либо же имеет необходимые минимальные установившиеся скорости при его движении под уклон [6].

**Тормозной режим** — это режим, при котором ко всем или нескольким колесам подводятся тормозной момент [6].

**Время срабатывания тормозов** - это интервал времени от начала торможения до момента, в которой замедление становится постоянным, а именно - тормозная сила достигает своего максимального значения и уже дальше остается неизменной.

**Тормозной путь** — это расстояние, которое проходит АТС от начала торможения до полной остановки [6].

Тормозные свойства обеспечиваются несколькими тормозными системами: рабочей, запасной, вспомогательной, стояночной.

Рабочая тормозная система предназначена для постоянного пользования во время движения автомобиля и позволяет водителю замедлить скорость движения автомобиля с той или иной интенсивностью или остановить его [7].

Такую систему имеют все без исключения автомобили. Органом управления рабочей тормозной системой является обычная педаль тормоза.

У автомобилей, эксплуатируемых людьми с ограниченными возможностями, педаль может быть заменена рычагом

Запасная тормозная система – это система, предназначенная для замедления и остановки АТС в случае выходе из строя рабочей тормозной системы.

Вспомогательная тормозная система способна создавать малую тормозную силу в течение длительного времени. Эти системы имеются на некоторых грузовых автомобилях и автобусах, осуществляющих

междугородные перевозки. Принцип действия вспомогательной тормозной системы состоит в том, что как только ее включить происходит отключение подачи топлива в ДВС и закрывается заслонка в выпускном трубопроводе, тем самым создавая сопротивление проворачиванию коленвала. В данном случае происходит так называемое торможение двигателем. Вспомогательной тормозной системой обычно пользуются на затяжных спусках (на горных дорогах), предотвращая при этом длительную работу, износ и перегрев рабочих тормозных механизмов.

Вспомогательная тормозная система не позволяет экстренно остановить транспортное средство в случае возникновения ДТП [7].

Стояночная тормозная система – система, предназначенная для удержания автомобиля от самопроизвольного движения во время стоянки. Эта система обычно действует на рабочие тормозные механизмы и имеет механический тросовый привод либо же пружинные энергоаккумуляторы. Стояночная тормозная система имеется на всех без исключения авто.

В некоторых случаях для удержания автомобиля во время стоянки допустимо включить вместо стояночного тормоза одну из низших передач. В порядке исключения в безвыходной ситуации этим способом можно воспользоваться на автомобиле с карбюраторным двигателем, так как при выключенном зажигании нет опасности запуска двигателя при движении. На автомобиле с дизельным ДВС применять такой способ в любых ситуациях категорически запрещено. Также запрещено на этих автомобилях включать передачу вместе со стояночным тормозом. Так как в этом случае, если автомобиль по каким-либо причинам начнет двигаться, ДВС беспрепятственно запускается, затем уже всережимный регулятор двигателя увеличивает подачу топлива, и, несмотря на включенный стояночный тормоз (и тем более без него), АТС движется с малой скоростью, что, как правило, приводит к ДТП [7].

Теоретически минимальный тормозной путь  $S_{min}$  - это минимальное время торможения  $\tau_{min}$  и замедление автомобиля при торможении  $j_{min}$  определяемый из выражения:

$$S_{min} = \frac{V_0^2}{26g \cdot \varphi} \quad (9)$$

где  $V_0$  – начальная скорость, км/ч;  
 $\varphi$  - коэффициент сцепления шин с дорогой;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

Коэффициент сцепления шины с дорогой  $\varphi$  для указанного участка дороги можно приближенно найти по величине пути «юз» из выражения:

$$\varphi = \frac{V_0^2}{26g \cdot S_{ю}} \quad (10)$$

где  $S_{ю}$  - путь «юза», м (определяется опытным путем, замером).

Юз автомобиля представляет собой своего рода скольжение колес любого транспортного средства (трамвая, автомобиля) по опорной поверхности дороги (рельс), при котором скорость вращательного движения поверхности колес ниже скорости опорной поверхности по отношению к транспортному средству, рисунок 13.



Рисунок 13 – Движение автомобиля юзом

Это означает, что юз автомобиля возникает в следующих случаях:

- ✓ В процессе торможения, когда тормозное усилие превышает силу сцепления колес с поверхностью дороги. Чаще всего бывает во время плохой погоды - во время дождя и гололеда.
- ✓ При блокировке колеса или его вращении в «холостую» (возникновение проскальзывания).
- ✓ При буксовании – возникновении скольжения во время разгона [7].

Чтобы избежать возникновения юза на автомашины устанавливают антиблокировочные системы – ABS, рисунок 14.

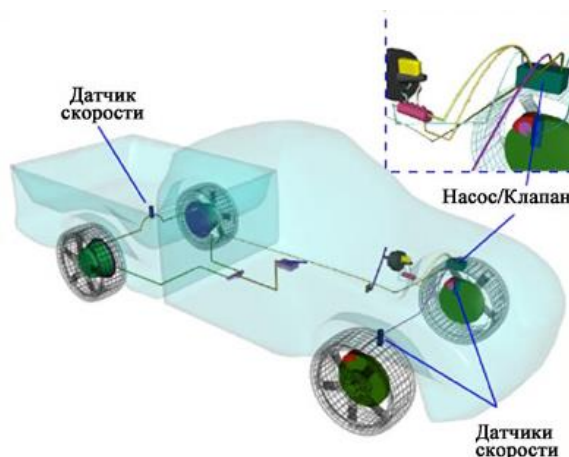


Рисунок 14 – Антиблокировочная система автомобиля, принцип действия



Для железнодорожного транспорта используют регулировку тормозного усилия путем применения, так называемого грузового авторежима с подбором необходимой нагрузки.

Остановочный путь определяется по следующей формуле:

$$S_0 = V_0(\tau_{р.в.} + \tau_c) / 3.6 + S_{Т.мин} , \quad (11)$$

где  $\tau_{р.в.}$  - время реакции водителя, с;

$\tau_c$  - время срабатывания тормозов, с;

Время реакции водителя обычно  $\tau_{р.в.} = 0,3 \dots 1,6$  с. При расчете принимают замеренное значение или среднее -  $\tau_{р.в.} = 0,7$  с.

Время срабатывания тормозов составляет:

- $\tau_c = 0,04 \dots 0,08$  с – для дисковых тормозов с гидроприводом;
- $\tau_c = 0,14 \dots 0,22$  с – для барабанных тормозов с гидроприводом;
- $\tau_c = 0,21 \dots 0,44$  с – для барабанных тормозов с пневмоприводом [7].

Различают два вида торможения: служебное и экстренное.

Служебное торможение - это торможение невысокой интенсивности для снижения скорости до необходимой величины или для остановки автомобиля в намеченном водителем месте.

Экстренное торможение - это торможение высокой интенсивности для предотвращения наезда на неожиданно появившееся или поздно замеченное препятствие

Тормозные свойства характеризуются несколькими показателями. Основные из них: максимальное замедление, остановочный путь, тормозной путь. Величину тормозного пути, а иногда и величину максимального замедления, указывают в технической характеристике автомобиля [7].

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова разница между остановочным и тормозным путями?
2. В чем заключаются трудности достаточно точного определения пути юза?
3. Почему тормозной путь несколько больше пути юза?
4. При каком виде торможения возникает след юза?
5. Как определяется коэффициент сцепления по величине юза?
6. Как влияют начальная скорость торможения и коэффициент сцепления на тормозной путь?
7. Чем ограничивается максимальная величина замедления?

**Тема:** Исследование влияния люфта рулевого колеса на траекторию движения автомобиля

**Цель:** Изучить методику и особенности влияния люфта рулевого колеса на траекторию автомобиля.

**Приборы и оборудование:** Стенд с рулевым управлением автомобиля, оборудованный приборами для измерения люфта и скорости вращения рулевого колеса, набор ключей для установки и регулирования величины люфта.

У легковых автомобилей система рулевого управления состоит из трех основных узлов: рулевой механизм, рулевой привод и рулевая колонка с рулевым колесом.

Рулевой механизм передает на рулевой привод усилие, приложенное водителем автомобиля при повороте рулевого колеса.

Рулевой привод передает усилие от рулевого механизма к колесам, заставляя колеса поворачиваться в разные стороны на разные углы [8].

### Рулевой привод

Это устройство, предназначенное для передачи от рулевого механизма усилия, необходимого для поворота управляемых колес обоих бортов автомобиля.

Рулевой привод обеспечивает функцию поворота колес на разные углы. Движение автомобиля не сопровождается боковым скольжением его колес, если траектории качения всех колес имеют единый центр поворота [8].

Рулевой привод автомобиля состоит из рулевых рычагов и рулевых тяг, образующих рулевую трапецию, которая и обеспечивает одновременный поворот управляемых колес на неодинаковые углы, рисунок 15.

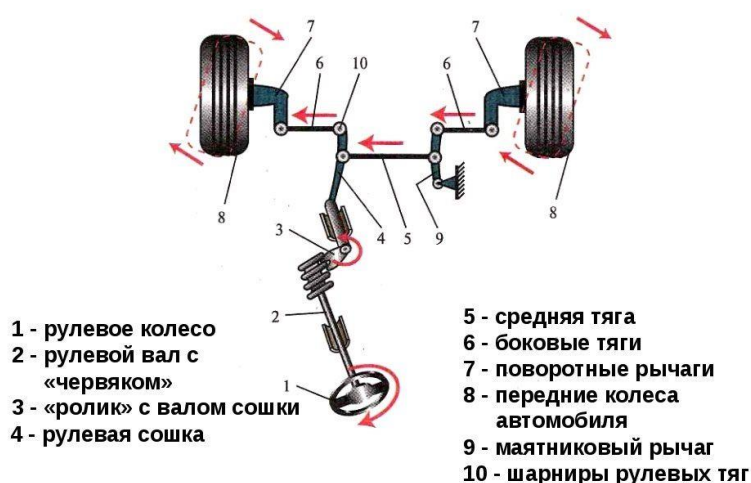


Рисунок 15 – Рулевой привод автомобиля

### **Рулевые колонки**

Рулевые колонки бывают цельными (с одним рулевым валом) и составными (с промежуточным карданным валом).

В состав рулевой колонки входят встроенные элементы пассивной безопасности, которые деформируются при ударе [8]. Это позволяет повысить безопасность при ДТП, рисунок 16.



Рисунок 16 – Рулевая колонка автомобиля

### **Признаки увеличенного люфта**

Если во время движения транспортное средство плохо управляется, с неким запозданием реагирует на ваши действия, им трудно управлять, а когда на месте при резком повороте руля передние колеса отказываются поворачиваться, то все это признаки увеличения люфта руля.

Люфт — это так называемый небольшой зазор между элементами системы управления, чаще всего связанными с вращательными движениями [8]. Предельные значения люфта рулевого колеса для различных ТС представлены в таблице 3.

### **Основные причины увеличения люфта [8]:**

- износ деталей из-за плохой и несвоевременной смазки;
- неправильная регулировка или ослабление крепления рулевого механизма и рулевых тяг;
- низкое давление или отсутствие воздуха в камерах передних колес;
- деформация рулевых тяг;
- высокая скорость движения на плохих дорогах;
- значительные переменные нагрузки;
- частый поворот колес при стоянке автомобиля.

Согласно установленным Правилами дорожного движения нормам, суммарный люфт рулевого колеса не должен превышать следующих значений, таблица 3.

Таблица 3 – Предельные значения люфта рулевого колеса

Тип транспортного средства	Суммарный люфт, град., не более
1. Легковые автомобили, а также грузовые и автобусы, созданные на их базе	10 <sup>0</sup>
2. Автобусы	20 <sup>0</sup>
3. Грузовые автомобили	25 <sup>0</sup>

При повороте рулевого колеса в пределах люфта автомобиль не управляется и движется или прямолинейно, или его управляемые колеса будут стремиться занять положение, соответствующее прямолинейному движению, под действием стабилизирующих моментов.

Время запаздывания управляющего воздействия определяется по формуле:

$$t = \alpha / \omega; \text{ с} \quad (12)$$

где  $\alpha$  – величина люфта рулевого колеса, град;

$\omega$  – угловая скорость поворота рулевого колеса, град/с.

Предельное значение скорости вращения рулевого колеса  $60 < \omega < 200^\circ$

Путь, проходимый автомобилем за время выбора люфта, определяется по формуле:

$$S_{\text{л}} = V_a / t \quad (13)$$

где  $V_a$  – скорость автомобиля, м/с.

На рисунке 17 показано соотношение требуемой траектории движения радиусом  $R_n$  и траектории NAB, возникающей при наличии люфта.

Точка N соответствует началу поворота рулевого колеса.

Точка A соответствует началу поворота управляемых колес после выбора люфта.

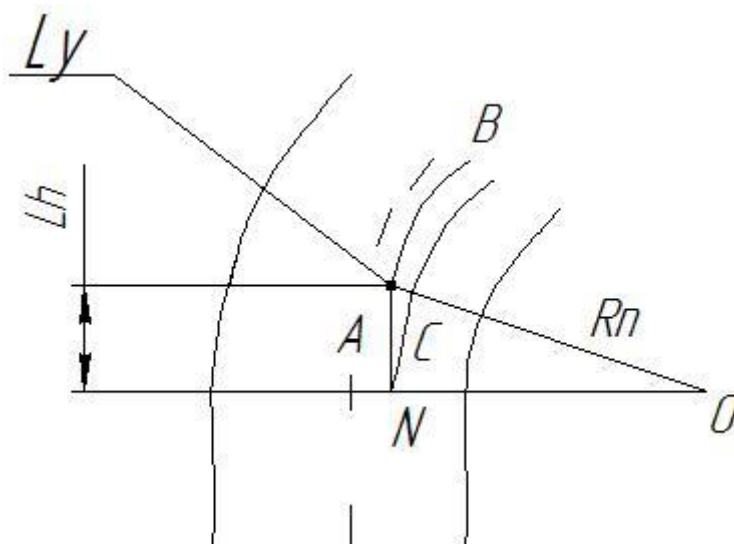


Рисунок 17 – Схема поворота с запаздыванием

Боковое смещение автомобиля от требуемой траектории:

$$L_y = AC = OA - R_n = \sqrt{R_n^2 + L_n^2} - R_n \quad (14)$$

Относительное боковое смещение от требуемой траектории:

$$\delta = \frac{L_y}{R_n} \quad (15)$$

**Люфтомер** рулевого управления – это прибор, предназначенный для определения зазора в рулевом механизме, замеряемом на рулевом колесе.

Он состоит из сектора, который крепится на рулевой колонке, и дилеля, связанного с ободом рулевого колеса, рисунок 18 [9].



Рисунок 18 – Общий вид люфтомера [9]

Что касается механического люфтомера, то на секторе нанесена градуированная шкала, по показаниям которой и определяется величина люфта. Не допускаются к эксплуатации по ПДД легковые автомобили, имеющие люфт свыше 10 градусов. Для того чтобы полученные

данные были максимально объективны замер люфта производится при определенном усилии [9].

Для этого, необходимо произвести повороты рулевого колеса в разные стороны на величину свободного хода и замеряется люфт. Шкала при повороте колеса перемещается так, чтобы точка отсчета оказывалась противоположно стрелке. Тогда при повороте стрелка показывает суммарный люфт [9].

Как правило, материал шкалы люфтомера - алюминий. Деления выполняются фотошаблонами. К шкале приклеиваются два зажима их подходящих выгнутых пружинящихся полосок. Деления наносятся чаще всего через  $5^\circ$ , рисунок 19 [10].

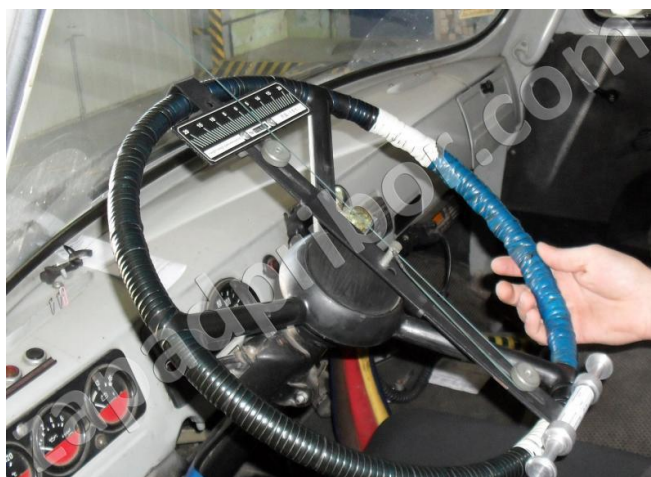


Рисунок 19 – Измерение люфта рулевого колеса автомобиля [10]

В качестве стрелки применяется двухмиллиметровая проволока. К одному концу эпоксидной смолой крепится магнитик. При несоответствии замеренного люфта требуемому по технической характеристике автомобиля, подтягиваются зазоры в шарнирах рулевой тяги ил в червячном механизме [10].

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем вызвано появление люфта рулевого колеса?
2. Чем вызвано появление времени запаздывания управляющего воздействия?
3. Как влияет на время запаздывания управляющего воздействия величина люфта и скорость вращения рулевого колеса?
4. Какие факторы влияют на величину пути неуправляемости автомобиля?
5. Чем опасен путь неуправляемости автомобиля?

**Тема:** Дорожно-экономическая характеристика автомобиля

**Цель:** Познакомиться с методикой снятия топливно – экономической характеристикой при установившемся движении автомобиля по сухой горизонтальной дороге с твердым покрытием.

**Приборы и оборудование:** прибор для измерения расхода топлива; секундомер.

По причине большого разнообразия внешних факторов и сложности явлений, происходящих при движении АТС, для оценки топливной экономичности используют несколько показателей характеристик, которые определяют экспериментально; например: контрольный расход топлива, при движении по дороге с переменным продольным профилем, на дорогах общего пользования.

Топливная экономичность при установившемся движении дает зависимость расхода топлива от скорости движения, а также позволяет оценивать влияние на него таких факторов, как дорожные условия, состояние автомобиля, регулировки и др. [11].

Под топливной экономичностью понимается способность транспортного средства выполнять транспортную работу, включающую также и перевозку пассажиров в условиях с минимально возможными затратами топлива.

Топливная характеристика при установившемся движении, она же дорожная экономическая характеристика, представляет собой зависимость расхода топлива от скорости движения. Ее определяют при движении автомобиля на прямой передаче в диапазоне от минимально устойчивой до максимальной скорости. Точность определения расхода топлива составляет обычно 2,5...4%.

Важно, испытания автомобиля на топливную экономичность необходимо проводить только на шоссе, которое должно иметь горизонтальный прямолинейный участок с асфальтобетонным покрытием, длина измерительного участка должна быть не менее 1 км. На отдельных его участках длиной не более 20-25 м допускаются неровности с уклонами не более 0,5%, рисунок 20 [11].

Магистраль, на которой расположен мерный участок, должна иметь с двух его сторон дополнительные участки с таким же покрытием протяженностью не менее 2-3 км. Эти участки предназначены для так называемой стабилизации параметров автомобиля: расхода топлива, скорости движения, перед въездом его на мерный участок дороги. Стабилизация установившейся скорости движения и расхода топлива из измерительной системы топливоподачи должны быть достигнуты не менее чем за 200-250 м до начала измерительного участка [11].



Рисунок 20 – Испытания на топливную экономичность

При этом, автомобили должны находиться в технически исправном состоянии. Давление воздуха в шинах всех колес должно соответствовать требованиям ГОСТов и нормативно-технической документации завода-изготовителя.

При всех видах испытаний на топливную экономичность автомобиль необходимо полностью загрузить.

Для легкового автомобиля загрузка равна массе снаряженного автомобиля с количеством пассажиров по числу мест автом, включая и водителя, из расчета 80 кг на человека.

Масса снаряженного грузового автомобиля представляет собой его массу в рабочем состоянии, т. е. со снаряжением: инструмент, запасное колесо и с полным баком, но без полезной нагрузки, водителя и пассажиров в кабине.

В качестве груза используют балласт.

Для легковых автомобилей и автобусов в качестве балласта применяют мешки, заполненные песком, а для грузовых автомобилей и автопоездов — балласт, не изменяющий свою массу при увлажнении.

Значение скорости, регистрируемой спидометром, в ряде случаев может отличаться от действительной величины на 10...20% [11].

Контрольный расход топлива транспортных средств.

Эксплуатационный расход бензина всегда больше **контрольного расхода** и является параметром, характеризующим общее тех состояние ДВС.

Величина эксплуатационного расхода бензина степени зависит от дорожных и климатических условий, режима движения: скорость, нагрузка, дальность и совершенства стиля вождения транспорта.

В связи с этим нельзя с достаточной объективностью судить о техническом состоянии двигателя (так как на расход бензина существенно



влияет состояние ходовой части автомобиля).

***Объективным показателем технического состояния двигателя служит контрольный расход топлива.***

Замер **контрольного расхода** заключается в определении расхода бензина- (литр на 100км при скорости автомобиля 90-100 км/ч с технически исправной ходовой частью при соблюдении всех условий испытания.

Условия испытания для транспортных средств включают [11]:

- топливо для ДВС автомобиля – бензин марки АИ-92;
- нагрузка автомобиля номинальная, т.е. два человека, включая водителя;
- дорога - сухая, прямая, с твердым гладким покрытием;
- погодные условия: отсутствие дождя и снега, скорость ветра не более 3 м/с;
- атмосферное давление 730...765 мм рт. ст., окружающая температура от -5 до +25°.

Перед началом каждого заезда температура жидкости в ДВС должна быть не ниже 80 и не превышать 95 градусов.

Перед испытанием проверить и, при необходимости, привести в исправное состояние ходовую часть автомобиля, а именно сходжение и развал передних колес, регулировка тормозов, давление воздуха в шинах и др.

Готовность АТС для испытания устанавливается определением пути его свободного качения, т.е. выбега АТС. Путь свободного качения (выбег) автомобиля определяют с установившейся скорости 50-60 км/ч до полной остановки при двух заездах в противоположных направлениях.

Для замера движения АТС в режиме выбега у мерной линии надо быстро выключить сцепление и немедленно перевести рычаг КПП в нейтральное положение.

Выбег технически исправного автомобиля должен быть не менее 500-600 м.

Перед испытанием необходимо обязательно убедиться в нормальной регулировке двигателя: зазоры в клапанах, опережение зажигания и др. ДВС и агрегаты шасси перед началом испытания должны быть прогреты пробегом автомобиля на скорости 80-90 км/ч на расстоянии 50-70 км [11].

Измерение контрольного расхода выполняется на участке дороги длиной не менее 5-7 км с постоянной установившейся скоростью, в двух противоположных направлениях движения не менее чем по два раза в каждом направлении. При этом бензин в ДВС нужно подавать из специальных мерных колб.

Замеры производятся после того, как полностью установится нормальный тепловой режим ДВС.

Подсчитанный расход относится к заданной скорости. Действительная скорость не должна отличаться более чем 1км/ч.

Расход топлива на дороге с переменным профилем определяют по ТЭХ, представляющей зависимость расхода топлива от средней скорости движения автомобиля на участке длиной 10-15 км с переменным продольным профилем и наличием на нем не менее одного подъема и одного спуска длиной 500-600 м с уклоном не менее 4-5 градусов.

Определение расхода топлива на дороге с переменным профилем расчетным путем осуществляется по методикам, основанным на экспериментальных данных, полученных в дорожных условиях [11].

### **Расход топлива при установившемся движении**

Расход топлива при установившемся движении определяется по графику ТЭХ при движении по дороге с твердым покрытием для легковых авто - при полной нагрузке, для автобусов и грузовых автомобилей - при движении без груза и с полной нагрузкой.

Для автопоезда - с прицепом и без него.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется дорожно – экономической характеристикой автомобиля?
2. Как влияет коэффициент сопротивления дороги на топливную экономичность автомобиля?
3. Как нейтрализуется сопротивление подъему и сопротивление ветра при снятии дорожно – экономической характеристики при установившемся движении?
4. Как по дорожно – экономической характеристике определяется оптимальный режим движения по расходу топлива?
5. Как влияет давление воздуха в шинах на топливную экономичность автомобиля, безопасность движения и долговечность шин при движении по твердой дороге?
6. Какие системы двигателя чаще всего оказывают наибольшее влияние на топливную экономичность автомобиля при их неправильной регулировке?

**Тема:** Тягово-скоростные качества автомобиля

**Цель:** Познакомиться с методикой определения тягово-скоростных характеристик автомобиля.

**Приборы и оборудование:** горизонтальный прямолинейный участок асфальтобетонной дороги, акселерометр, секундомер, рулетка.

### Методика испытаний

#### 1. Условие испытаний

Для того, чтобы определить тягово-скоростные качества транспортного средства необходимо выбрать горизонтальный размеренный участок асфальтобетонной дороги, имеющей уклон не более 3-4%. Указанный участок должен быть в длину 1 км. При этом должны быть подъезды длиной от одного до трех километров по обе стороны от него. Длина этих подъезды должна быть достаточной для того, чтобы требуемая скорость АТС могла быть достигнута за 250...300 м до начала того самого мерного участка для определения ТСК.

Перед испытанием тщательно проверяется тех состояние ТС, ДВС и трансмиссию прогревают и в ходе испытаний ведут наблюдение за их тепловым состоянием. Топливо (бензин) и смазочные материалы обязательно должны соответствовать указаниям завода-изготовителя и требованиям сезонности [7].

#### 2. Предварительные измерения и тарировки

Тарировка спидометра производится обязательно при движении АТС по прямолинейному участку дороги, имеющей твердое асфальтобетонное покрытие. ТС проходит отрезки пути (400-500 м) с заданными установившимися скоростями.

Скорость прохождения автомобилем мерного отрезка пути подсчитывают по данной формуле:

$$V = \frac{3.6S}{\tau}, \quad (16)$$

где  $S$  – длина заезда, м;

$\tau$  – время прохождения дистанции, с.

Абсолютная погрешность показаний спидометра находится как:

$$\Delta V = V_o - V_{ac}, \quad (17)$$

где  $V_a$  – скорость автомобиля, вычисленная по формуле (16), км/ч

$V_{ac}$ - скорость автомобиля, определённая по показаниям спидометра, км/ч.

Относительная погрешность спидометра:

$$\delta = \Delta V / V_a \cdot 100\% \quad (18)$$

Тягово – скоростные свойства (ТСС) транспортного средства характеризуются возможностями достижения как можно больших скоростей движения на отдельных участках дороги и средней скоростью на маршруте в заданных условиях движения.

Средняя скорость на участке при переменном движении определяется как максимальная скорость и интенсивность разгона АТС - его приемистость.

Тяговым принято считать режим, при котором от двигателя к ведущим колесам подводится мощность, достаточная для преодоления сопротивления движению [7].

Выполняя транспортную работу, водитель автомобиля выбирает скорость движения, исходя уже из эксплуатационных условий. Этот выбор ограничен диапазоном скоростей, начиная от максимальной скорости, определяемой максимальной мощностью ДВС или сцеплением ведущих колес с дорогой и вплоть до минимальной по условиям устойчивой работы двигателя. При этом, чем тяжелее дорожные условия, тем более меньшим будет этот диапазон и ниже скорение. В некоторых условиях диапазон снижается до единственно возможного значения скорости — такие дорожные условия являются предельными. В более тяжелых дорожных условиях движение невозможно [7].

#### Определение приемистости

Для соблюдения правил ТБ движения - определение времени и пути разгона доводят до скорости не более 90- 100км/ч. Методика их определения основывается на меньшем наборе необходимых условий и оборудования, а именно при наличии АТС с тарированным спидометром, мерного участка дороги с разметкой, секундомеров, непосредственно водителя и испытателя.

Приемистость автомобиля определяют при разгоне с места, начиная с низшей передачи при полной подаче топлива. Измерения проводятся с обоих концов мерного участка. Водитель разгоняет автомобиль с наибольшей интенсивностью до скорости 10-20 км/ч, измеряющий человек включает секундомер с момента трогания АТС с места и затем выключает в момент достижения указанной скорости движения. Далее измерения повторяются уже с другого конца мерного участка [7]. Аналогично проводятся опыты при разгоне до 40, 60, 80 и до 90-100 км/ч, рисунок 21.

По результатам замеров времени разгона до определенной скорости строится график  $V=f(t)$ .

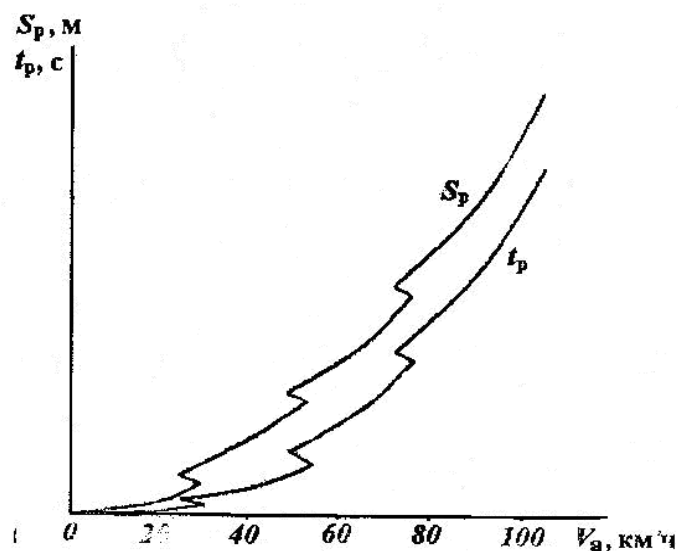


Рисунок 21 – Зависимость пути и времени разгона от скорости автомобиля

**Акселерометр** – это своего рода датчик, определяющий ускорение. Акселерометр активно используется в системах современных автомобилей, например в системе курсовой устойчивости ESP в некоторых моделях видеорегистраторов [12].

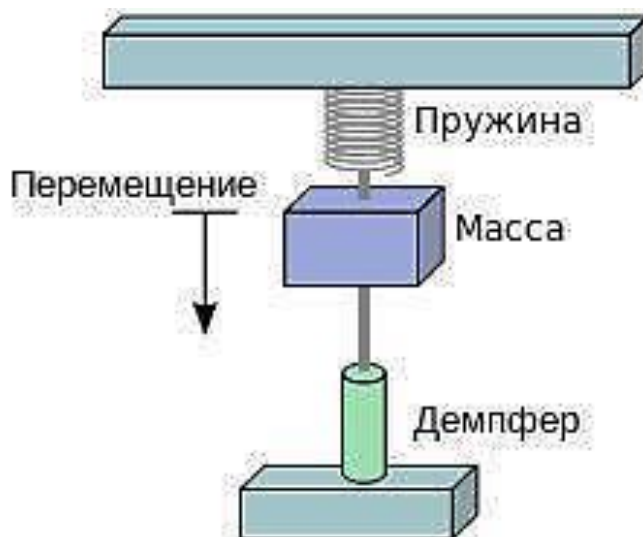


Рисунок 22 – Схема простейшего акселерометра

Акселерометр часто можно использовать для измерения ускорения. Основной его конструктивной «изюминкой» является «свободная масса», за счет гибкого элемента связи – пружины, подвержена перемещению, при возникающем и влияющем на нее ускорении. Таким образом, масса перемещается при высоком ускорении, разгоне или торможении, при этом как раз и изменяется длина пружины, что является необходимой характеристикой для измерения. В случае критических ускорений, чтобы прибор не вышел из строя в нем может быть установлен

демпфер, которые гасит энергию от ударов массы в крайних ее положениях [12].

На рисунке 22 приведена простейшая схема акселерометра, который способен адекватно измерять ускорение только по одной оси.

В зависимости от требований систем могут быть использованы акселерометры с измерением ускорения по двум и трем осям. Таким образом, в зависимости от количества измеряемых осей акселерометры делятся на однокомпонентные, двухкомпонентные, трёхкомпонентные [12].

### **Применение акселерометра в автомобиле**

Как говорилось ранее он используется в системе курсовой устойчивости, для того чтобы собрать информацию в компьютер об ускорении автомобиля. Эта информация необходима для управления тормозными колодками, для того, чтобы ограничить крутящий момент на нужном колесе и предотвратить возможный занос или проскальзывание колеса [12].

Также акселерометры применяются и в таких устройствах как видеорегистраторы, сигнализации, для определения «тревожных событий», рисунки 23 и 24.



Рисунок 23 – Акселерометр в видеорегистраторе [12]

Таковыми событиями могут быть следующие события: резкое торможение, ускорение и все что с ними связано, например удар, резкий разворот машины и т.д. Именно в этих случаях и срабатывает акселерометр, включая видеорегистратор, если он был выключен. Кроме того, на некоторых видеорегистраторах, подобные «промаркированные» события записываются в отдельную папку, для предотвращения случайного их удаления. Все это

сделано для того, чтобы фиксировать чрезвычайные ситуации, с которыми, как правило, и связано резкое ускорение, определяемое акселерометром [12].

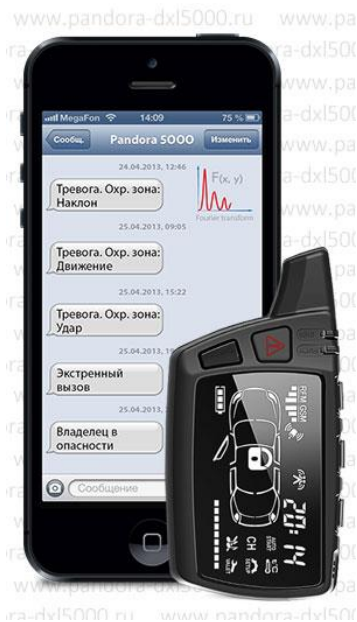


Рисунок 24 – Акселерометр в автомобильной сигнализации

Акселерометры широко применяются для работы в навигационных системах, а соответственно применяются и для других вариаций транспортных систем. Также акселерометры активно применяются в электронике, для определения базирования устройства относительно действия сил гравитации. Так, за изменение положения картинки на экране при переворачивании устройства отвечают именно они (смартфоны) [12].

### Контрольные вопросы:

1. Чем оцениваются тягово – скоростные свойства автомобиля?
2. Как влияет величина и характер изменения ускорений на время разгона автомобиля до определенной скорости?
3. Назовите основные факторы, определяющие среднюю скорость движения на маршрутах?
4. Как влияют коэффициент сопротивления дороги на разгонные качества автомобиля?
5. На каких скоростях силы сопротивления воздуха оказывают существенное влияние на разгонные качества автомобиля?
6. Чем оценивается приемистость автомобиля?
7. Проанализируйте характер изменения пути и времени разгона в функции скорости автомобиля.
8. В каких случаях особенно важно знать зависимость скорости от пути и времени разгона?

**Тема:** Определение коэффициентов сопротивления движению

**Цель:** Определение коэффициента дорожного сопротивления; фактора обтекаемости; коэффициента лобового сопротивления; пути и времени выбега.

**Оборудование:** секундомер; мерная рулетка; измеритель скорости автомобиля и пройденного пути; горизонтальный прямолинейный участок дороги.

Порядок проведения исследований

Необходимо иметь мерный участок дороги не менее 1 км, имеющий подъезды по обе стороны длиной 2-3 км. Уклон дороги не должен превышать 1,52-%.

Длина подъездов должна быть достаточной для того, чтобы требуемая скорость была достигнута за 200-300 м до начала участка для измерений. Дорогу необходимо поделить на участки длиной 100м.

Перед началом испытаний автомобиль хорошо прогревают, проехав путь в 5-10 км. Подъезжая к мерному участку дороги, устанавливают заданную скорость движения АТС по убыванию (60, 50, 40, 30, 20, 10 км/ч). При каждой начальной скорости опыты обязательно повторяют с трехкратной повторностью в оба конца.

При пересечении начальной отметки на дороге быстро выключают «сцепление» и устанавливают селектор КПП в нейтральное положение. Одновременно с этим экспериментатор включает секундомер, определяя времени выбега [13].

В момент полной остановки АТС выключают секундомер и определяют время выбега -  $T$ , с помощью рулетки измеряют путь от остановки до ближайшей отметки на дороге и затем определяют путь выбега  $S_v$ .

По результатам замеров в обоих направлениях определяют средние значения  $T_v$  и  $S_v$ , учитывая трехкратные повторности.

Результаты проведенных измерений заносят в таблицу 4.

На основании данных таблицы, результатов измерений и вычислений строят графики:

- затухания скорости движения автомобиля в функции времени  $V = f(t)$ ;
- изменения скорости в функции пути  $V = f(S)$ ;
- изменения замедления в функции скорости.

График  $j = f(V)$  строят на основании ранее построенного графика затухания скорости движения автомобиля в функции времени.

Так как замедление равно производной скорости по времени, то замедление можно определить как тангенс угла наклона касательной к кривой скорости [13].



Таблица 4 – Характеристика выбега автомобиля

Скорость автомобиля	км/ч	60	50	40	30	20	10	0
	м/с	16,67	13,89	11,11	8,33	5,56	2,78	0
Время выбега, с	прямое							
	обратное							
	среднее							
Путь выбега, м	прямое							
	обратное							
	среднее							
Коэффициент сопротивления дороги	$\psi$							
Фактор обтекаемости	$W$							
Коэффициент обтекаемости	$k$							
Коэффициент лобового сопротивления	$C_x$							
Замедление	$j$							

#### Основные положения

Во время движения транспортного средства накатом силами сопротивления движению являются следующие силы: сила сопротивления качению  $P_f$ ; сила сопротивления подъему  $P_i$ ; сила, затрачиваемая на преодоление трения в трансмиссии автомобиля  $P_{тр}$  и сила сопротивления воздуха  $P_w$ .

Сила трения в трансмиссии при движении накатом невелика, кроме того, она естественным образом суммируется с силой сопротивления качению, и выделить её для измерения в данном случае весьма затруднительно, поэтому ею можно пренебречь.

Сила сопротивления подъему будет иметь место, потому что абсолютно как мы знаем идеально горизонтальной дороги нет. Данным явлением можно пренебречь, проведя эксперименты в двух противоположных направлениях.

Экспериментально установлено, что силы сопротивления воздуха будут пропорциональны квадрату скорости автомобиля, поэтому их влияние на показатели выбега будет существенным на относительно высоких скоростях движения. При очень малых скоростях сопротивление воздуха снижается до небольших величин. Эта особенность позволяет выделить их и определить аэродинамические качества автомобиля [13].

#### Схема сил действующих на ведущее колесо

На движущийся автомобиль действует ряд сил, часть из которых направлена по оси движения автомобиля, другая же часть — под углом к этой оси, рисунок 25.

Первая категория этих сил - продольные, а вторая - боковые.

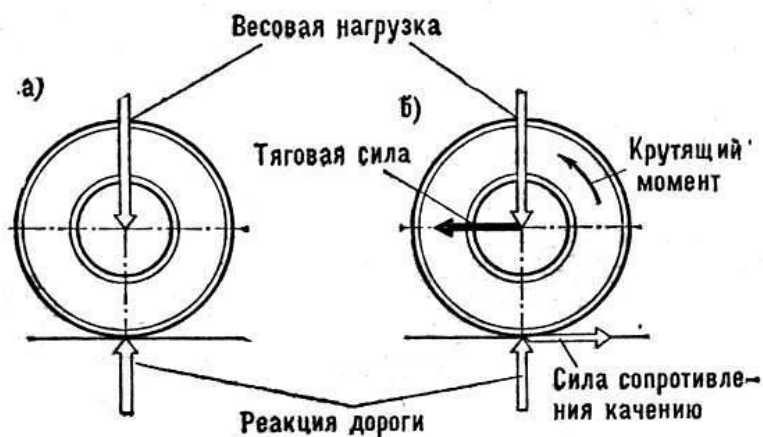


Рисунок 25 – Схема сил действующих на ведущее колесо автомобиля

а — состояние неподвижности; б — состояние движения

**Продольные силы** могут быть направлены как по ходу, так и против хода движения транспортного средства. Силы, направленные по ходу движения, являются движущимися и стремятся продолжить движение. Силы, направленные против хода движения - силы сопротивления, стремящиеся замедлить АТС [14].

На автомобиль, движущийся по горизонтальному и при этом прямому участку дороги, действуют следующие продольные силы, рисунок 26:

- тяговая сила
- сила сопротивления воздуха
- сила сопротивления качению

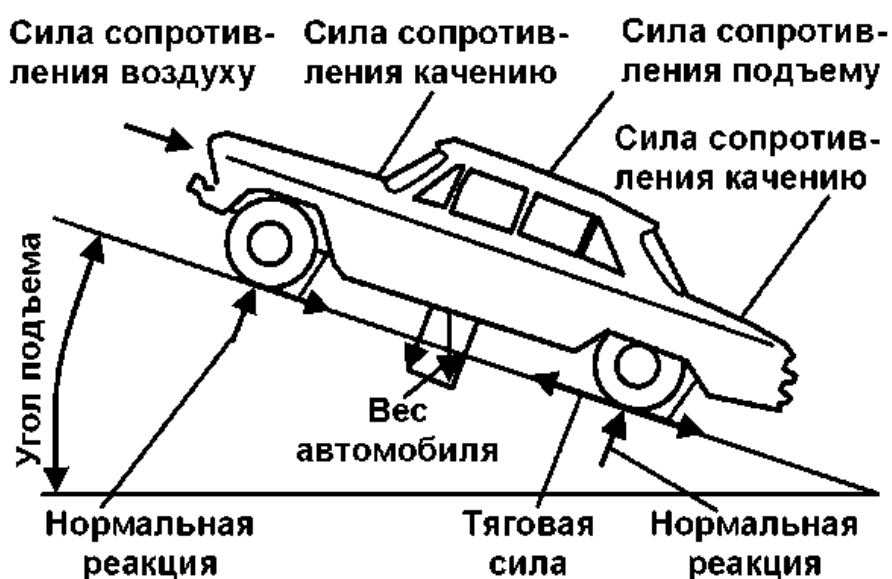


Рисунок 26 – Силы, действующие на автомобиль [14]

При движении автомобиля на подъем в гору возникает сила сопротивления подъему, а при разгоне - сила сопротивления разгону.

### **Тяговая сила**

Развиваемый ДВС транспортного средства  $M_{кр}$  передается на ведущие колеса. В передаче крутящего момента от ДВС к ведущим колесам участвуют механизмы трансмиссии.

Крутящий момент на ведущих колесах зависит непосредственно от крутящего момента ДВС и передаточных чисел КПП и главной передачи. В точке касания колес с поверхностью дороги крутящий момент вызывает окружную силу. Противодействие дороги этой окружной силе, направленной в сторону движения автомобиля, и называемой толкающей или тяговой силой выражается реактивной силой, передаваемой от дороги на ведущее колесо [14].

Тяговая сила от колес передается на ведущий мост и затем уже на раму, тем самым как бы заставляя АТС двигаться. Величина тяговой силы будет тем больше, чем больше  $M_{кр}$  ДВС и передаточные числа КПП и главной передачи.

Тяговая сила на ведущих колесах достигает наибольшей величины при движении автомобиля на низшей передаче, поэтому низшую передачу используют при трогании с места автомобиля с грузом, при движении автомобиля по бездорожью. Величина тяговой силы на ведущих колесах автомобиля ограничивается сцеплением шин с поверхностью дороги [14].

### **Сила сцепления колес с дорогой**

Трение, которое возникает между ведущими колесами транспортного средства и непосредственно дорогой - это сила сцепления. Сила сцепления равна произведению коэффициента сцепления на сцепной вес, т. е. вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля. Величина коэффициента сцепления шин с дорогой зависит от качества и состояния дорожного покрытия, формы и состояния рисунка протектора шины, давления воздуха в шине [14].

У легковых автомобилей полный вес распределяется по осям примерно поровну. Поэтому сцепной вес его можно принять равным 50% его веса.

У грузовых же автомобилей при полной их нагрузке сцепной вес (вес, приходящийся на заднюю ось) составляет примерно 60—70% полного веса.

Величина коэффициента сцепления имеет большое значение для эксплуатации автомобиля и безопасности движения, так как от него зависят проходимость автомобиля, тормозные качества, возможность пробуксовки и заноса ведущих колес. При незначительном коэффициенте сцепления трогание автомобиля с места сопровождается пробуксовкой, а торможение — скольжением колес. В результате автомобиль иногда не удастся тронуть с места, а при торможении происходит резкое увеличение тормозного пути и возникновение заноса [14].

На асфальтобетонных покрытиях в жаркую погоду на поверхность выступает битум, делая дорогу маслянистой и более скользкой, что снижает коэффициент сцепления. Особенно сильно снижается коэффициент сцепления

при смачивании дороги первым дождем, когда образуется еще не смытая пленка жидкой грязи. Заснежённая или обледенелая дорога особенно опасна в теплую погоду, когда поверхность подтаивает.

На более высоких скоростях, особенно на мокрой дороге, неровности рисунка протектора шины не успевают продавить пленку влаги, снижая коэффициент сцепления.

Правильный рисунок протектора шин очень важен при движении по грунтовым дорогам, снегу, песку и дорогам с твердым покрытием, покрытым грязью и водяными пятнами. Бугристый рисунок уменьшает опорную поверхность шины, что приводит к увеличению удельного давления на дорожное покрытие.

При этом грязевая пленка скорее вдавливается, контакт с дорожным покрытием восстанавливается, а в легком грунте выступы рисунка вступают в непосредственный контакт с землей. [14].

Излишнее давление воздуха в шине уменьшает ее опорную поверхность, ввиду чего удельное давление возрастает настолько, что при трогании с места и при торможении может порваться резина и сцепление колес с дорогой резко снизится.

Таким образом, величина коэффициента сцепления зависит от многих условий и может изменяться в довольно значительных пределах. Так как много дорожно-транспортных происшествий происходит из-за плохого сцепления, то водители должны уметь приблизительно оценивать величину коэффициента сцепления и выбирать скорость движения и приемы управления в соответствии с ним [14].

### **Сила сопротивления воздуха**

При движении автомобиль преодолевает сопротивление воздуха, которое является суммой сопротивлений:

- лобового сопротивления (около 55—60% всего сопротивления воздуха)
- создаваемого выступающими частями—подножками автомобиля, крыльями (12—18%)
- возникающего при прохождении воздуха через радиатор и подкапотное пространство (10—15%) и др.

Передней частью автомобиля воздух сжимается и раздвигается, в то время как в задней части автомобиля создается разрежение, которое вызывает образование завихрений [14].

Сила сопротивления воздуха зависит от величины лобовой поверхности автомобиля, его формы, а также от скорости движения. Лобовую площадь грузового автомобиля определяют как произведение колеи (расстояние между шинами) на высоту автомобиля. Сила сопротивления воздуха возрастает пропорционально квадрату скорости движения автомобиля (если скорость возрастает в 2 раза, то сопротивление воздуха увеличивается в 4 раза).

Для улучшения обтекаемости и уменьшения сопротивления воздуха ветровое стекло автомобиля располагают наклонно, а выступающие детали (фары, крылья, ручки дверей).

У грузовых автомобилей можно уменьшить силу сопротивления воздуха, закрыв грузовую платформу пологом или брезентом, натянутым между крышей кабины и задним бортом [14].

### **Сила сопротивления качению**

На каждое колесо АТС постоянно оказывает воздействие вертикальная нагрузка, которая вызывает вертикальную реакцию дороги.

При движении транспортного средства на него действует сила сопротивления качению, возникающая вследствие деформации шин и дороги и трения шин о дорогу.

Сила сопротивления качению равна произведению полного веса автомобиля на коэффициент сопротивления качению шин, который зависит от давления воздуха в шинах и качества дорожного покрытия [14].

Некоторые значения коэффициента сопротивления качению шин:

- для асфальтобетонного покрытия— 0,014—0,020
- для гравийного покрытия—0,02—0,025
- для песка—0,1—0,3

Сопротивление качению зависит от многих конструктивных и эксплуатационных факторов:

- Конструкции шины;
- Давления воздуха в шине;
- Температуры;
- Нагрузки;
- Скорости движения автомобиля;
- Состояния дорожной поверхности.

### **Сила сопротивления подъему**

Как известно дорога состоит из чередующихся между собой подъемов и спусков и очень редко имеет горизонтальные участки большой длины.

При движении на подъем АТС испытывает дополнительное сопротивление, зависящее от угла наклона дороги к горизонту.

Сопротивление подъему тем больше, чем больше вес автомобиля и угол наклона дороги. При подъезде к подъему необходимо правильно оценить возможности преодоления подъема. Если подъем непродолжительный, его преодолевают с разгоном автомобиля перед подъемом. Если подъем продолжительный, его преодолевают на пониженной передаче, переключившись на нее у начала подъема.

При движении автомобиля на спуске сила сопротивления подъему направлена в сторону движения и является движущей силой [14].

## **Сила сопротивления разгону**

Часть тяги при разгоне в основном расходуется на разгон маховика коленчатого вала двигателя и вращательной массы колеса автомобиля.

Чтобы автомобиль начал движение с постоянной скоростью, он должен преодолеть свое сопротивление ускорению, равное произведению массы автомобиля на ускорение.

По мере того как автомобиль разгоняется, его сопротивление ускорению направлено в сторону, противоположную движению. Когда вы тормозите автомобиль и замедляете его, эта сила направлена на движение автомобиля.

Багаж и пассажиры могут упасть с открытого кузова или сиденья мотоцикла при резком ускорении, или пассажиры могут удариться о лобовое стекло или переднюю часть автомобиля при резком торможении. Во избежание такой ситуации необходимо преодолевать сопротивление ускорению и плавно нажимать на тормоз, плавно увеличивая частоту вращения коленчатого вала двигателя [14].

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое путь и время выбега?
2. Что представляет собой коэффициент сопротивления дороги и как он определяется?
3. Почему коэффициент сопротивления дороги определяется на относительно малых скоростях?
4. Что представляет собой фактор обтекаемости и как он определяется в лабораторной работе?
5. Почему фактор обтекаемости определяется на относительно высоких скоростях?
6. В каком случае конструкторам следует особенно заботиться о снижении фактора обтекаемости?
7. Как влияют коэффициент сопротивления дороги и фактор обтекаемости на путь и время выбега?
8. Как влияют коэффициент сопротивления дороги и фактор обтекаемости на динамические качества автомобиля и его топливную экономичность?

**Тема:** Силы, действующие на конструкцию автомобиля

**Цель:** Изучить силы, действующие на конструкцию автомобиля

**Оборудование:** линейка, транспортир, карандаш

Силы, действующие на автомобиль при прямолинейном движении, представлены на рисунке 27.

Необходимые условия:

1. Два одноименных колеса (правые и левые) рассматриваются как одно.
2. Участок дороги на всем протяжении однородный с постоянным углом наклона ( $\alpha$ ) к горизонту и не имеет неровностей.
3. Нормальные реакции дороги прикладываются к осям колес.
4. Деформация шин и грунта (погружение колес) учитывается при определении силы сопротивления качению, но на схеме не показывается.

С учетом данных условий на автомобиль будут действовать следующие внешние силы:

- 1) сила тяжести автомобиля  $S$ , приложенная к центру тяжести, находящемуся на расстоянии  $h_y$  от поверхности дороги;
- 2) сила сопротивления воздуха  $P_{\omega}$ , приложенная к центру парусности, расположенному на расстоянии  $h_{\omega}$  от поверхности дороги;
- 3) суммарная касательная реакция  $R_{x2}$  или сила тяги  $P_T$ ;
- 4) нормальные реакции дороги на колеса  $R_{z1}$  и  $R_{z2}$ ;
- 5) сила инерции  $P_j$  поступательно движущихся масс, которая приложена к центру тяжести и направлена противоположно ускорению;
- 6) сила  $P_{пр}$ , на крюке в случае буксирования прицепа;
- 7) сила сопротивления качению колес  $P_f$ , направленная в сторону противоположную движению автомобиля (совпадает с касательной реакцией  $R_{x1}$ );
- 8) сила сопротивления подъему  $P_{\alpha}$  приложена к центру тяжести. и направлена в сторону противоположную движению. При принятых выше условиях не имеет значения, сколько колес являются ведущими сколько ведомыми [15].

#### Сила сопротивления качению

Силой сопротивления качению автомобиля  $P_f$  называется сумма сил сопротивления качению всех его колес [15].

Удельное давление определяется по формуле:

$$q = c_q p_0 \quad (19)$$

где  $c_q$  — коэффициент, определяемый жесткостью каркаса шины,  
 $c_q = 1 + p_0$ ;  $p_0$  — давление воздуха в шинах.

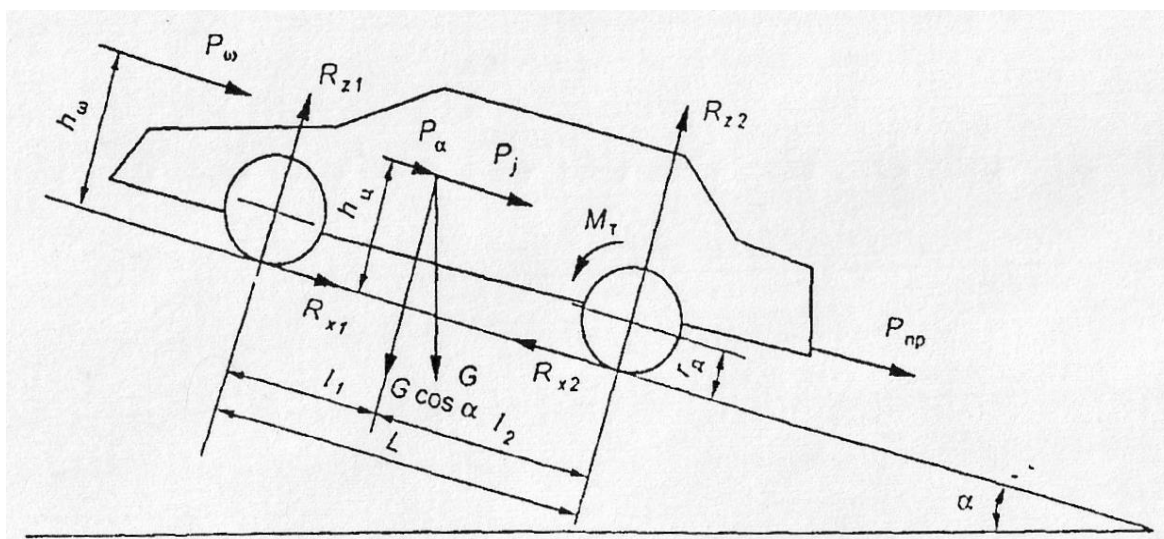


Рисунок 27 – Силы, действующие на автомобиль при прямолинейном движении

Тогда сила сопротивления качения может быть выражена через нормальную нагрузку (или равную ей реакцию грунта  $R_z$ ) и коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом сопротивления качению  $f$ :

$$P_f = f R_z. \quad (20)$$

Влияние скорости движения на коэффициент  $f$  сопротивления качению учитывает эмпирическая формула:

$$f = f_0(1 + v^2/1500), \quad (21)$$

где  $f$  коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля со скоростью менее 15 м/с;  $v$  — скорость автомобиля.

Сила тяжести, действующая на автомобиль и сопротивление его движению [15].

Масса автомобиля указывается в технической характеристике автомобиля:

$$G = mg, \quad (22)$$

где  $G$  — сила тяжести;  $m$  — масса автомобиля;  
 $g$  — ускорение свободного падения.

Расстояние  $L = l_1 + l_2$  называется базой автомобиля.

При движении автомобиля по наклонному участку дороги с углом подъема  $\alpha$  сила тяжести раскладывается на следующие составляющие:

$G \cos \alpha$  — нормальная нагрузка автомобиля на дорогу, перпендикулярна дороге;



$G \sin \alpha$  — сила сопротивления подъему, обозначается  $P_\alpha$ , параллельна дороге (на спуске она направлена в сторону движения и называется скатывающей силой):

$$P_\alpha = G \sin \alpha. \quad (23)$$

В случае сопротивления подъему:

$$P_\alpha = G i. \quad (24)$$

Сила сопротивления качению и сила сопротивления подъему зависят от дорожных условий, так как коэффициент сопротивления качению  $f$  и угол подъема дороги  $\alpha$  в совокупности определяют качество дороги, поэтому можно ввести такое понятие, как сила сопротивления дороги [15].

При движении автомобиля по наклонной дороге сила сопротивления качению определится как:

$$P_f = G f \cos \alpha., \quad (25)$$

Тогда сила сопротивления дороги:

$$P_\psi = G(f \cos \alpha + \sin \alpha) \approx G(f + 1), \quad (26)$$

Выражение в скобках называется коэффициентом сопротивления дороги и обозначается  $\psi$ :

$$\Psi = f \cos \alpha + \sin \alpha, \quad (27)$$

Тогда сила сопротивления дороги:

$$P_\psi = G \psi., \quad (28)$$

Сила инерции или сила сопротивления разгону [15].

Сила инерции поступательного движения автомобиля выражается через величину его ускорения, рисунок 28:

$$P_j = mJ, \quad (29)$$

где  $J$  — ускорение автомобиля;

$m$  — масса автомобиля.

Или с учетом коэффициента:

$$P_j = mJ \delta_{вр}, \quad (30)$$

Значение коэффициента определяется по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (J_M \eta_{тр} i_{тр} + J_k) / (m r^2), \quad (31)$$

где  $J_M$  — момент инерции маховика;  
 $\eta_{тр}$  — КПД трансмиссии,  
 $i_{тр}$  — передаточное число трансмиссии;  
 $J_k$  — суммарный момент инерции всех колес;  
 $m$  — масса автомобиля;  
 $r$  — радиус колеса.

Или:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 i_{тр}) m_a / m \quad (32)$$

где  $\delta_1 \approx \delta_2$  от 0,03 до 0,05;  
 $m_a$  — масса автомобиля с полной нагрузкой;  
 $m$  — фактическая масса автомобиля.

При движении автомобиля с отключенной от двигателя трансмиссией:

$$\delta_{вр} = (1 + 0,5 m_a / m), \quad (33)$$

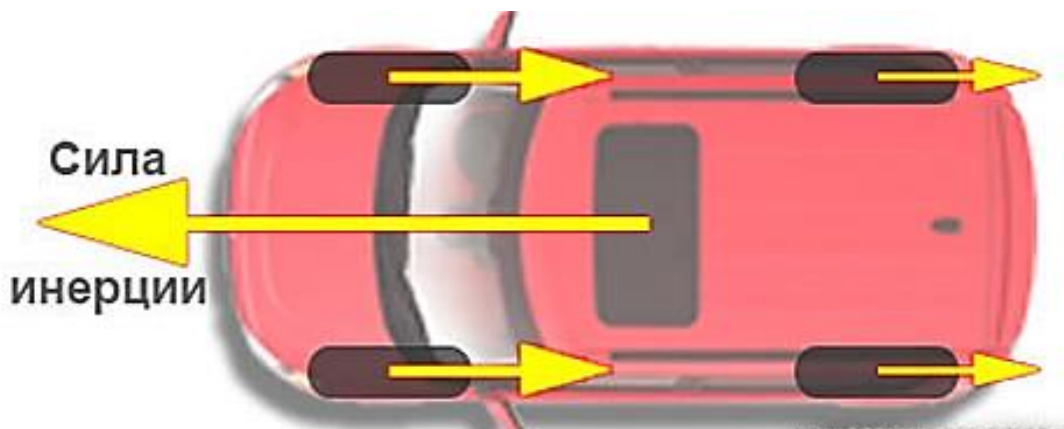


Рисунок 28 – Сила инерции автомобиля

Сила сопротивления воздуха [15].

$$P_w = \rho c F v^2, \quad (34)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха;  
 $c$  - коэффициент сопротивления воздуха, зависящий от формы автомобиля;

$F$  - площадь лобового сопротивления, т. е. площадь проекции автомобиля на плоскость перпендикулярную плоскости движения;  
 $v$  — скорость автомобиля.

Или:

$$P_{\omega} = k_{\omega} c F v^2, \quad (35)$$

для грузового автомобиля:

$$F = B H, \quad (36)$$

где  $B$  — колея автомобиля;  
 $H$  — его высота;

для легкового автомобиля:

$$F = 0,78 B_a H, \quad (37)$$

где  $B_a$  наибольшая ширина автомобиля.

#### Нормальная реакция дороги

В статическом состоянии автомобиля:

$$R_{z1} = G_1 = G l_2 / L, \quad (38)$$

#### **Контрольные вопросы:**

1. Нарисуйте схему сил, действующих на автомобиль при прямолинейном движении?
2. Что такое собственная и полная масса автомобиля?
3. Что такое база автомобиля?
4. От чего зависит сила сопротивления подъему? Напишите формулу
5. Что такое сила сопротивления дороги и коэффициент сопротивления дороги? Напишите формулу
6. От чего зависит сила инерции автомобиля?
7. От чего зависит сила сопротивления воздуха? Напишите формулу

**Тема:** Устойчивость автомобиля

**Цель:** Изучить факторы, влияющие на устойчивость автомобиля

**Оборудование:** линейка, транспортир, карандаш

**Устойчивость** – это совокупность свойств, определяющих критические параметры по устойчивости движения и положения автомобильного транспортного средства (АТС) или его звеньев.

Признаком потери устойчивости является появление скольжения АТС либо же его опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания АТС различают поперечную и продольную устойчивость.

Во время движения транспортное средство имеет инерцию, а в момент начала совершения поворота, помимо центробежной силы возникает еще и дополнительная поперечная сила, составляющая сила инерции, направленная в одно направлении с центробежной силой. При очень большой скорости движения и резком повороте (поперечная составляющая сила инерции и центробежная) суммарная сила может привести даже к опрокидыванию автомобиля [16].

Поперечная сила  $C$  стремится нарушить устойчивость автомобиля, а сила  $G$  стремится удержать его в устойчивом положении. Колеса образуют крайние опоры автомобиля, а центр тяжести (ЦТ) расположен на равном удалении от правого и левого колес и на определенной высоте  $h_A$  от поверхности дороги. Чем выше центр тяжести и уже колея автомобиля, тем больше он подвержен опасности опрокидывания, рисунок 29.

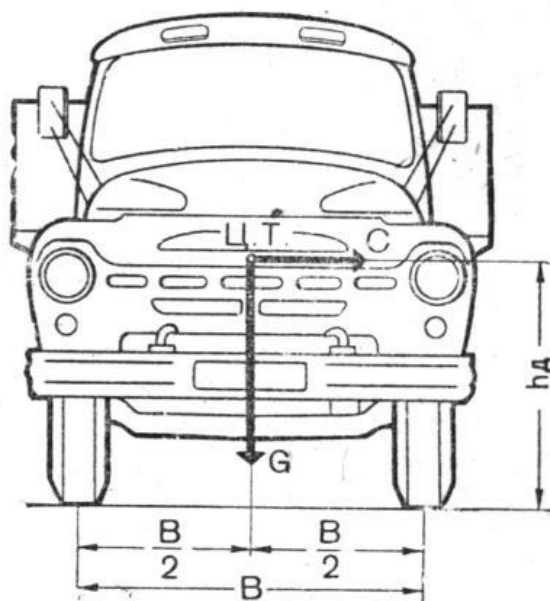


Рисунок 29 – Схема сил влияющих на поперечную устойчивость автомобиля [16]

### Опрокидывание автомобиля

Опрокидывание автомобиля может произойти в обеих плоскостях, как в продольной, так и в поперечной.

Опрокидывание в продольной плоскости относительно задней оси происходит в момент, когда сила давления передних колес на дорогу уменьшается до нуля. Практически до начала опрокидывания возникает пробуксовка колес на подъеме, АТС как бы начинает сползать назад вследствие недостаточного сцепления колес с дорогой, рисунок 30.

Переворачивание автомобиля вперед возникает при резком торможении на крутом спуске, если автомобиль имеет короткую базу и высоко расположенный центр тяжести (ВАЗ-2121) В данном примере возникшая сила инерции складываясь с горизонтальной составляющей силы веса, дает результирующую силу, которая выходит за пределы опорной площади передней оси автомобиля. Известны случаи опрокидывания автомобиля назад, когда при движении задним ходом автомобиль съезжает в овраг, водоем [16].

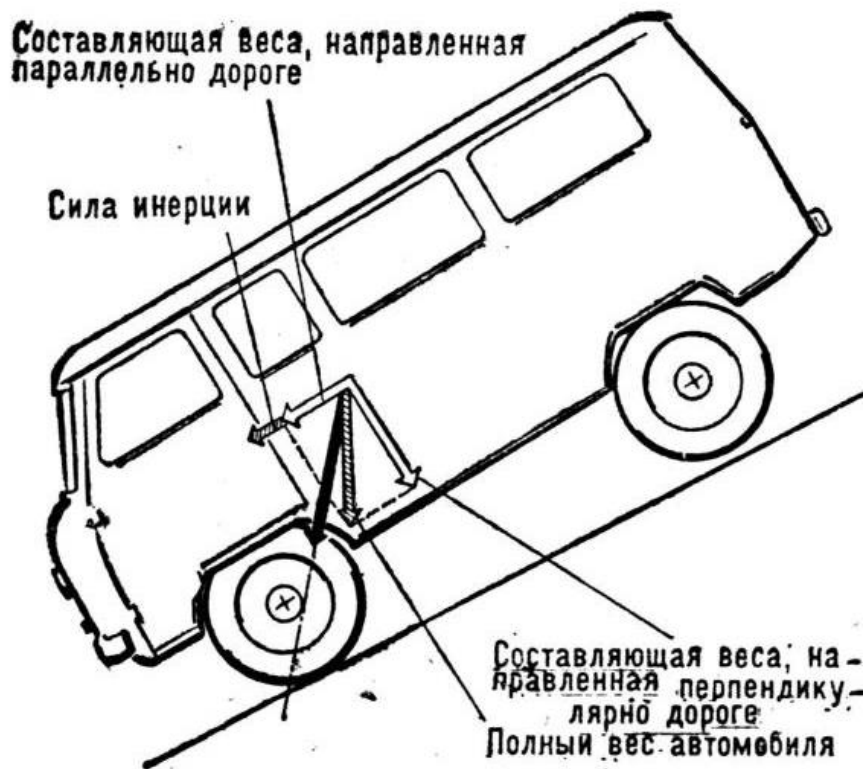


Рисунок 30 – Продольное опрокидывание автомобиля на спуске во время торможения

При движении автомобиля по дороге с поперечным уклоном возникает боковая сила, равная поперечной составляющей от веса автомобиля, рисунок 31. Эта сила может вызвать опрокидывание автомобиля или его скольжение вбок. Устойчивость автомобиля к опрокидыванию в этом случае зависит от следующих факторов: колеи автомобиля, высоты расположения центра тяжести и угла поперечного наклона дороги [16].

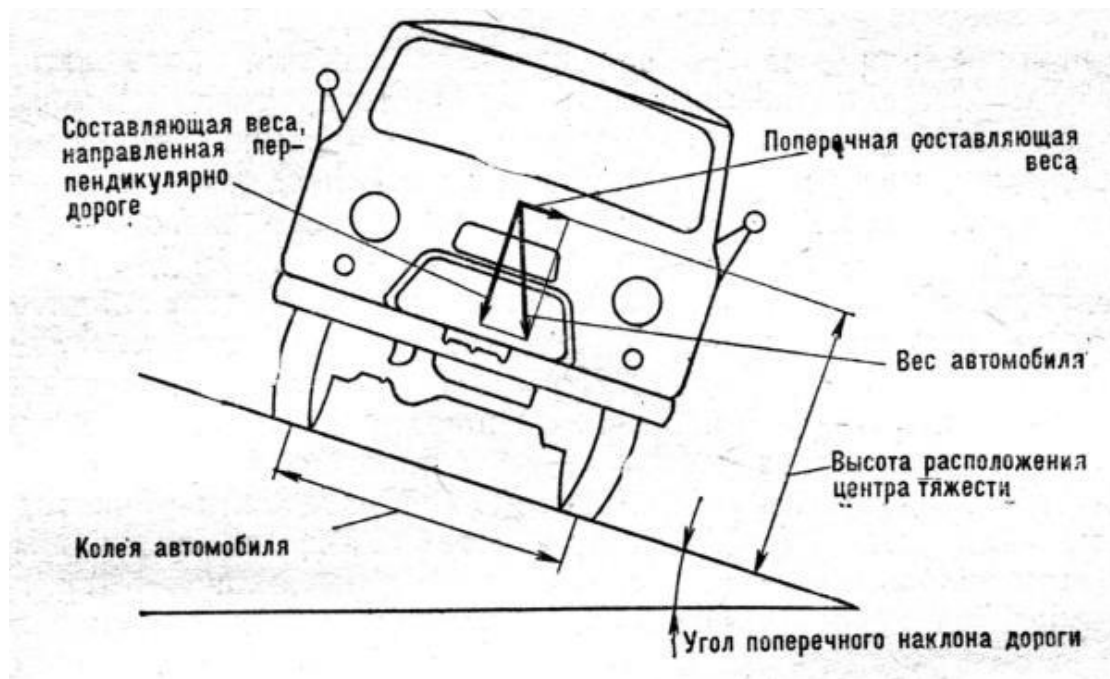


Рисунок 31 – Схема сил, действующих на автомобиль при движении на дороге, имеющей поперечный уклон

У грузовых авто, чем выше расположен груз, тем больше высота расположения центра тяжести, следовательно, тем вероятнее опрокидывание грузового автомобиля. Чем шире колея автомобиля, тем более устойчив автомобиль как при движении на повороте, так и при движении по дороге, имеющей поперечный уклон [16].

Опрокидывание автомобиля в горизонтальной плоскости и др.

Боковая, центробежная сила при повороте, резкое выворачивание руля на высоких скоростях, сильный боковой крен и неправильное крепление груза на кузове.

Неправильное размещение груза на теле может существенно изменить положение центра тяжести, сместив его в обе стороны и вверх.

Характерным примером может служить цистерна, не заполненная целиком жидким грузом, рисунок 32.

Под влиянием центробежной силы жидкий груз смещается к одной стороне цистерны, центр тяжести смещается вверх и в сторону, а сила тяжести, удерживающая автомобиль от опрокидывания, действует уже не по оси автомобиля, а смещается в сторону перемещения центра тяжести [16].

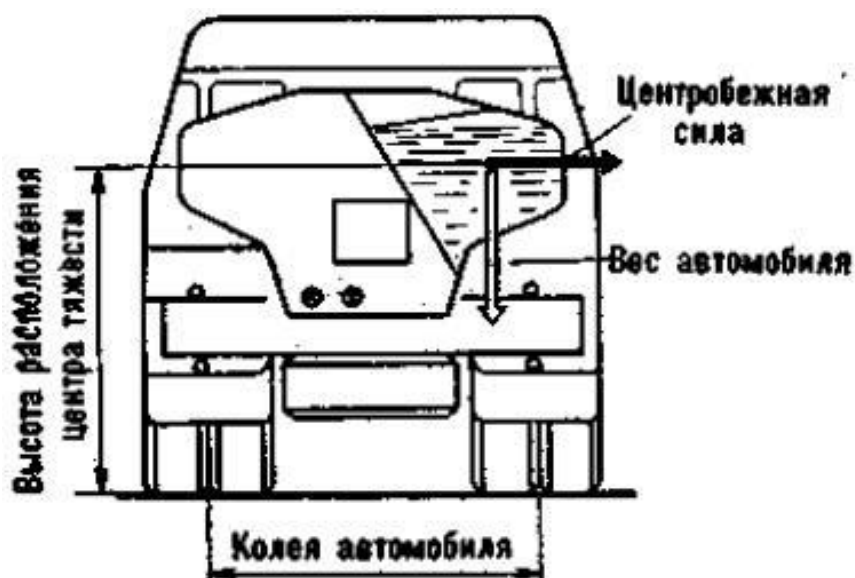


Рисунок 32 – Смещение центра тяжести жидкого груза под действием центробежной силы

#### Причины опрокидывания автомобиля

- при высокой скорости движения на крутых поворотах, на неблагоустроенных дорогах, где поперечный уклон направлен в сторону, противоположную повороту
- вследствие резкого прекращения бокового заноса при толчке заднего колеса о камень или другое препятствие
- при резком повороте рулевого колеса на большой скорости
- при неравномерном расположении груза в кузове автомобиля или его перемещении на повороте [16].

Чтобы избежать опрокидывания, нужно на опасных участках дороги снизить скорость, плавно повернуть рулевое колесо, плавно тормозить, равномерно разместить и хорошо закрепить груз в кузове автомобиля.

#### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение термину устойчивость?
2. Назовите причины опрокидывания автомобиля
3. Начертите схему сил, действующих на автомобиль при движении на дороге, имеющей поперечный уклон
4. Начертите схему сил влияющих на поперечную устойчивость автомобиля.
5. Смещение центра тяжести жидкого груза под действием центробежной силы.

**Тема:** Поворачиваемость автомобиля

**Цель:** Изучить факторы, влияющие на поворачиваемость автомобиля

**Оборудование:** линейка, транспортир, карандаш

Поворачиваемость автомобиля – это свойство транспортного средства сохранять, увеличивать, или уменьшать кривизну траектории установившегося движения при возрастании боковой силы.

В зависимости от причин, вызывающих изменение кривизны траектории движения АТС при воздействии боковых сил следует различать следующие виды поворачиваемости:

- шинную;
- креновую [17].

Шинная поворачиваемость – поворачиваемость АТС, обусловленная наличием бокового увода колес, появляющемся при действии на транспортное средство боковой силы.

Креновая поворачиваемость – поворачиваемость, обусловленная поворотом осей транспортного средства в горизонтальной плоскости, креном кузова и радиальной деформацией шин, возникающих вследствие перераспределения вертикальных нагрузок между колесами левого и правого бортов автомобиля, если на него действует боковая сила [17].

Поворачиваемость транспортного средства в основном определяется именно шинной поворачиваемостью.

Шинная поворачиваемость автомобиля, как и креновая, может быть трех типов [17]:

- нейтральная;
- недостаточная;
- избыточная.

Критерием, по которому определяется тип шинной поворачиваемости автомобиля, является соотношение углов передней и задней осей

– Если углы увода передней и задней осей одинаковы, то автомобиль обладает нейтральной поворачиваемостью.

– Если угол увода передней оси больше угла увода задней оси, то автомобиль обладает недостаточной поворачиваемостью.

– Если угол увода передней оси меньше угла увода задней оси, то автомобиль обладает избыточной поворачиваемостью [17].



Нейтральная поворачиваемость автомобиля – это вид поворачиваемости транспортного средства, кривизна траектории которого при постоянном установившемся движении не меняется при увеличении возрастании боковой силы [17].

Недостаточная поворачиваемость автомобиля – это вид поворачиваемости транспортного средства, у которого кривизна траектории установившегося движения наоборот уменьшается при увеличении бокового ускорения [17].

Таким образом транспортное средство, обладающее недостаточной поворачиваемостью, при повороте стремится двигаться по траектории с большим радиусом поворота, чем задал водитель. Для обеспечения движения автомобиля по заданной траектории водитель вынужден поворачивать управляемые колеса на несколько больший угол.

Избыточная поворачиваемость автомобиля – это вид поворачиваемости автомобиля, у которого кривизна траектории установившегося движения увеличивается при увеличении бокового ускорения, а именно при возрастании боковой силы [17].

Разница углов бокового увода может быть как положительна, так и отрицательна [17]

$\delta_v = \delta_h$  = Нейтральная поворачиваемость

$\delta_v > \delta_h$  = Недостаточная поворачиваемость

$\delta_v < \delta_h$  = Избыточная поворачиваемость

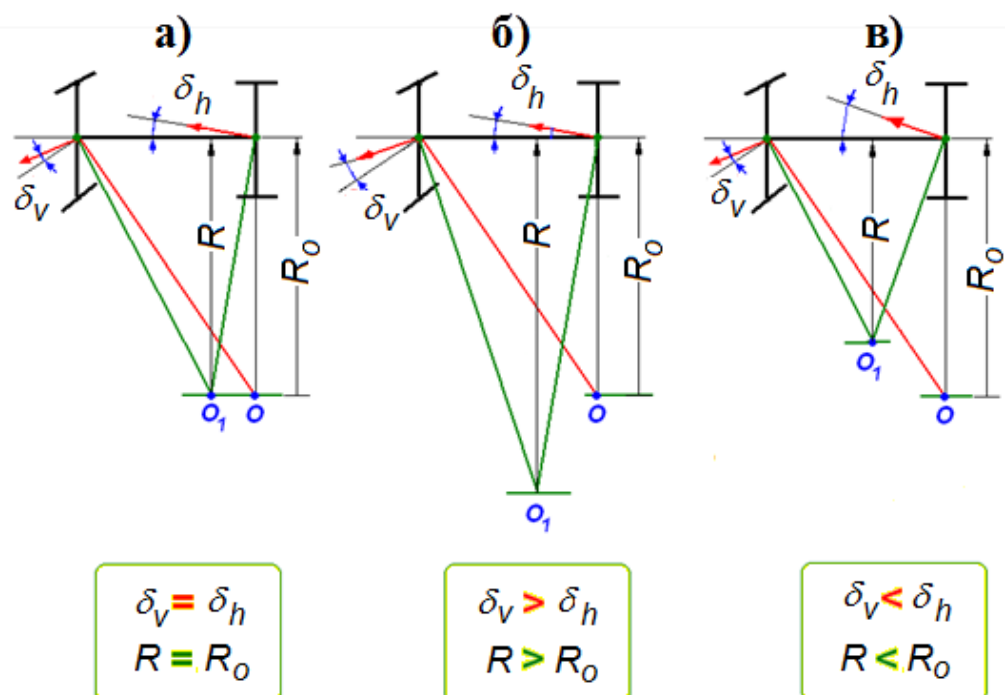


Рисунок 33 – Схематическое пояснение, объясняющее происхождения поворачиваемости

На рисунке 33а) угол увода  $\delta_v$  колес передней оси равен углу увода  $\delta_h$  колес задней оси. В этом случае кривизна траектории поворота не изменяется  $R_0 = R$ ; Это явление носит название нейтральной поворачиваемости;

На рисунке 33б) угол увода колес передней оси  $\delta_v$  больше угла увода  $\delta_h$  колес задней оси. В этом случае радиус кривизны траектории поворота увеличивается, то есть  $R_0 < R$ ; Это явление носит название недостаточной поворачиваемости;

На рисунке 33в) угол увода  $\delta_v$  передней оси меньше угла увода  $\delta_h$  колес задней оси, В этом случае радиус кривизны траектории поворота уменьшается, то есть  $R_0 > R$ ; Это явление носит название избыточной поворачиваемости [17].

Шинная поворачиваемость непосредственно связана со свойством автомобильных шин двигаться под углом к указанному направлению при возникающем боковом уводе.

Креновая поворачиваемость же связана с тем, что при наклоне кузова транспортного средства колеса изменяют свое положение относительно дороги и самого транспортного средства в зависимости от типа подвески автомобиля, рисунок 34.

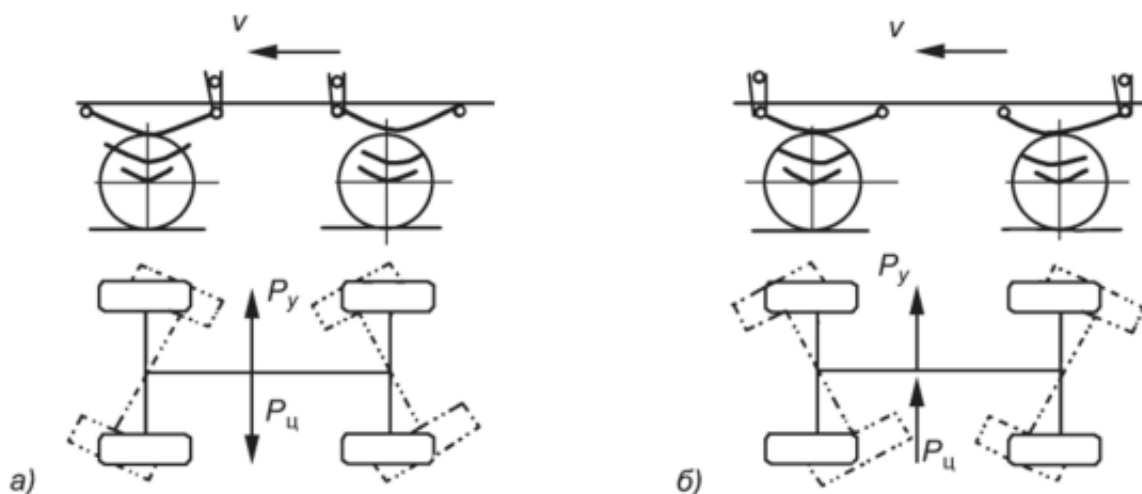


Рисунок 34 – Креновая поворачиваемость  
а) недостаточная, б) избыточная

### Контрольные вопросы:

1. Что такое шинная поворачиваемость?
2. Что такое креновая поворачиваемость?
3. Избыточная поворачиваемость
4. Нейтральная поворачиваемость, схема
5. Недостаточная поворачиваемость, схема
6. Избыточная поворачиваемость, схема
7. Что такое поворачиваемость автомобиля

**Тема:** Общая динамика автомобиля

**Цель:** Изучить тяговые показатели автомобиля

**Оборудование:** линейка, транспортир, карандаш

### **Тяговые показатели**

Тяговые свойства автомобиля — это перечень свойств, которые определяют возможные по характеристикам ДВС или сцепления ведущих колес с дорогой, пределы изменения скорости движения автомобиля и максимальные интенсивности разгона АТС при его работе в тяговом режиме в различных дорожных условиях [18].

*Тяговый режим* - режим работы двигателя внутреннего сгорания, при котором от ДВС к ведущим колесам подводится мощность, достаточная для преодоления сопротивления движению. Чем тяжелее дорожные условия, тем меньше диапазон возможных скоростей и меньше возможность ускорения. В некоторых условиях, называемых предельными, диапазон скоростей снижается до одного значения. При более тяжелых условиях движение невозможно [18].

Динамичность – это свойство транспортного средства перевозить грузы и пассажиров с максимально возможной средней скоростью. Чем выше динамичность автомобиля, тем больше его производительность. Динамичность автомобиля во многом зависит от его тяговых и тормозных свойств.

Топливная экономичность — это свойство транспортного средства рационально использовать энергию топлива при выполнении единицы транспортной работы. Снижение расходов топлива транспортными средствами является важнейшей задачей. От того, насколько экономичен автомобиль, зависит себестоимость автоперевозок [18].

### **Способность транспортного средства к преодолению неровностей поверхностей дороги**

Управляемость — это способность транспортного средства сохранять заданное направление движения либо же изменять его при воздействии водителя на рулевое колесо. Управляемость зависит от конструкции транспортного средства, технического состояния рулевого управления, подвески и шин, а также условий окружающей среды [18].

Устойчивость — это свойство транспортного средства сохранять направление движения и сопротивляться силам, которые стремятся увести в сторону или опрокинуть транспортное средство.

Управляемость и устойчивость тесно связаны друг с другом. Устойчивость вместе с управляемостью и тормозной динамичностью транспортного средства обуславливают безопасность дорожного движения [18].

Проходимость — это свойство транспортного средства свободно двигаться по плохим, разбитым дорогам в пересеченной местности, преодолевая естественные и искусственные препятствия: канавы, рвы, пороги

без вспомогательных устройств и посторонней помощи. Проходимость является одним из основных эксплуатационных свойств, определяющих эффективность использования данного транспортного средства. Этим качеством должны обладать автомобили всех типов, но в зависимости от их назначения — в различной степени [18].

Транспортные средства обычной проходимости как известно предназначены для движения по шоссейным и грунтовым дорогам. К ним относятся автомобили колесной формулой 4x2 или 6x4 с обычными тороидными или низкопрофильными шинами и не блокируемыми дифференциалами, рисунок 35.



Рисунок 35 – Колесная формула автомобиля

К автомобилям повышенной проходимости относятся автомобили колесной формулой 4x4, 6x4, 6x6 и т. д. с широкопрофильными шинами, шинами регулируемого давления воздуха, с частично или полностью блокируемыми дифференциалами [18].

К автомобилям имеющим более высокую проходимость относятся полноприводные автомобили с шинами сверхнизкого давления, арочными шинами или пневмокатками [18].

Плавность хода – это свойство транспортного средства двигаться по дорогам и местности с заданными скоростями без толчков и колебаний кузова, которые могут нарушить нормальную работу ДВС транспортного средства, оказывать вредное воздействие на водителя и пассажиров, рисунок 36.

Выступы и впадины от 100 м до 10 см называют *микрорельефом* дороги, который является основной причиной колебаний автомобиля на подвеске. Мелкие неровности дороги высотой менее 10 см называются *шероховатостью*. Они могут создать высокочастотные вибрации отдельных элементов шасси и кузова автомобиля и высокий уровень шума как внутри кузова, так и вокруг машины [18].



Рисунок 36 – Плавность хода автомобиля

Надежность — это свойство транспортного средства безотказно перевозить грузы и пассажиров в течение определенного периода времени без ухудшения основных эксплуатационных показателей транспортного средства.

Надежность — это совокупность свойств, которая может включать в себя безотказность, долговечность и ремонтпригодность объекта [18].

Безотказность — это свойство транспортного средства сохранять работоспособность в течение указанного промежутка времени или пробега определенной величины [18].

Долговечность — это свойство транспортного средства сохранять работоспособность до определенного периода времени, когда установлено проведение ТО и Р транспортного средства [18].

Ремонтпригодность — это приспособленность транспортного средства к предупреждению, обнаружению и устранению возникающих неисправностей и отказов транспортного средства.

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Перечислить определения эксплуатационных свойств автомобилей
- 2 Как понимается динамичность автомобиля?
- 3 От чего зависят тяговые свойства автомобиля?
- 4 Как понимаете определение топливная экономичность?
- 5 Объяснить определения управляемость, устойчивость, проходимость
- 6 Как объяснить определение – плавность хода?
- 7 Объяснить свойства автомобиля - надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность

**Тема:** Ходовые системы автомобилей

**Цель:** Изучить типы ходовых систем автомобиля

**Оборудование:** линейка, транспортир, карандаш

Во время эксплуатации транспортное средство является частью системы «автомобиль-водитель-дорога-окружающая среда» и его свойства заключаются во взаимодействии с элементами этой самой системы. Поэтому значимость определенного эксплуатационного свойства в оценке качества или эффективности применения автомобиля зависит как раз от условий, в которых это свойство и проявляется, т. е. от условий эксплуатации.

Условия эксплуатации определяются как дорожными, транспортными так и природно-климатическими условиями.

Без ходовой части транспортное средство попросту не смогло бы передвигаться, поскольку ДВС вместе с трансмиссией и приводом попросту некуда бы было передавать возникающий крутящий момент.

Ходовая часть транспортного средства включает в себя непосредственно колеса, которые и воспринимают крутящий момент от ДВС, вращаются и передвигают транспортное средство. Однако это не основная задача ходовой части. Как мы знаем транспортное средство эксплуатируется не только по ровным дорогам, всегда на ней имеются изгибы, выступы, ямы и т. д. [19].

Устройство ходовой части состоит из таких элементов:

- Колеса;
- Мост;
- Рама или кузов;
- Подвеска.

Если бы колеса крепились к кузову авто или раме без подвески – второй составляющей ходовой части, то можно было бы забыть о комфорте при движении, а именно - практически все неровности сразу бы передавались на кузов, лишь немного гасясь амортизацией шиной колеса. Так что ходовая часть не только приводит в движение транспортное средство, но еще и обеспечивает комфорт при движении путем снижения колебательных движений от колеса на кузов транспортного средства [19].

Подвеску, снижающую колебательные движения, начали применять еще до появления самого автомобиля. В ранние времена кареты оснащались элементами из пружинистой листовой стали (рессоры). Данные элементы состояли из двух стальных дуг, которые были соединены между собой шарнирно. Верхняя дуга крепилась непосредственно к самой карете, а нижняя – уже к оси колес. Во время движения эти пружинистые дуги частично воспринимали на себя и гасили вибрацию от оси колес. Подвеска кареты и стала прообразом зависимой подвески автомобиля.

Для чего нужна подвеска? Ее назначение в следующем – возможность вертикального перемещения колеса относительно кузова или рамы транспортного средства при движении по неровностям. Благодаря элементам подвески воздействие, которое воспринимает колесо от дорожного покрытия, не передается на кузов, а поглощается [19]. То есть, крепление колеса в автомобиле является не жестким относительно кузова, рисунки 37, 38.

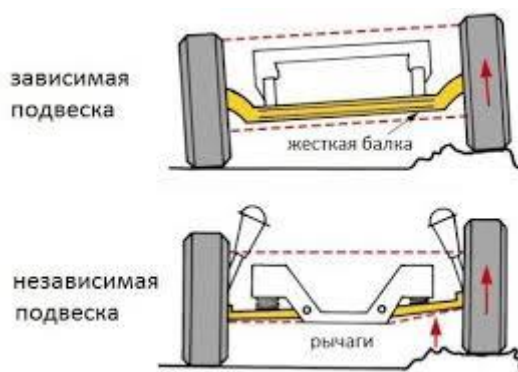


Рисунок 37 – Типы подвесок автомобиля

### Рессорная подвеска

Основным элементом данной подвески является элемент – рессора, состоящая из пакета листов пружинистой стали, немного загнутой в дугу, и имеющей пирамидальную форму. Своими концами рессора крепится к раме авто, а к ее центральной части крепится ось [19].

На авто применяется по две рессоры, установленные ближе к колесам. Эти рессоры, благодаря пружинистой стали воспринимают на себя неровности дороги, позволяя перемещаться колесу относительно кузова.

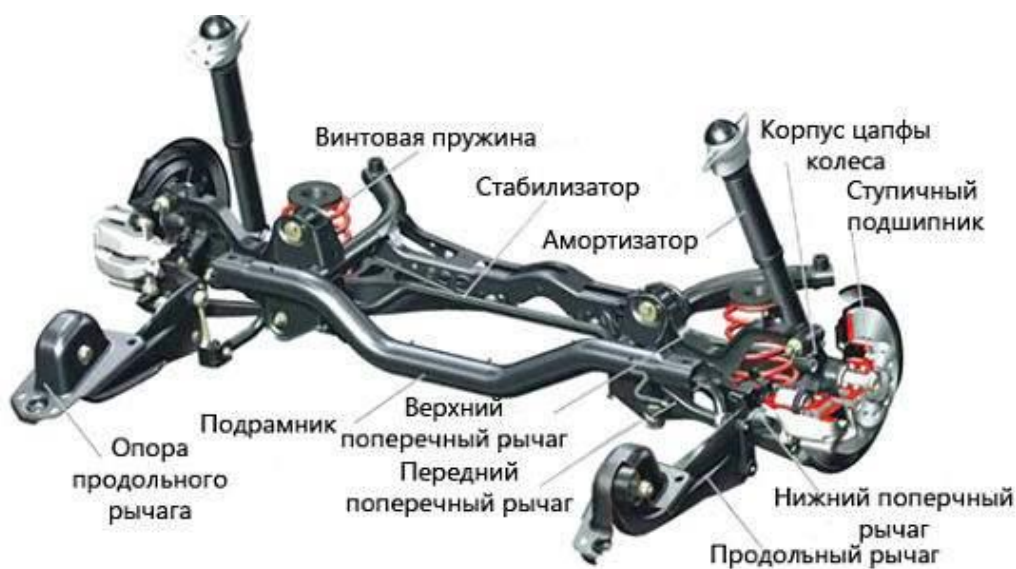


Рисунок 38 – Задняя зависимая подвеска переднеприводного автомобиля

Однако в этом есть и отрицательное качество – работа рессоры сопровождается возникающими инерционными колебательными движениями. При восприятии неровности дороги рессора получает энергию, которая приводит к ее колебательным движениям. И, несмотря на то, что со временем амплитуда колебаний будет уменьшаться, пока не затухнет, но они будут передаваться на раму транспортного средства. Автомобиль будет раскачиваться даже по ровной дороге после прохождения неровности.

Чтобы существенно сократить время колебания рессоры, в конструкцию подвески транспортного средства включены амортизаторы, которые и поглощают колебательную энергию. Амортизатор останавливает рессору после неровности, не давая ей раскачивать транспортное средство [19].

В большинстве современных автомобилей большое распространение получила независимая подвеска типа «МакФерсона». Конструкция такой подвески достаточно проста – ступица колеса шарнирно крепится к кузову авто посредством рычагов. Типы этих рычагов и их непосредственное расположение может отличаться. Встречаются следующие виды: А-образные рычаги, одинарные, сдвоенные, нижние верхние [19]. Самая же простая независимая подвеска «Макферсон» состоит из одного нижнего рычага, рисунок 39.

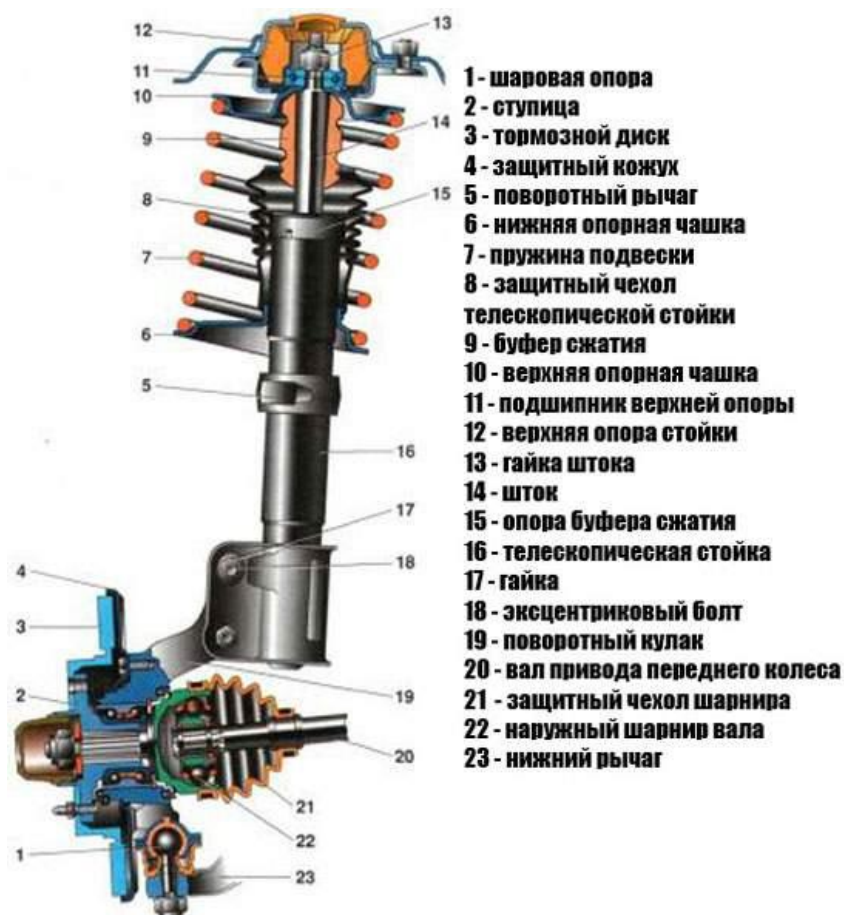


Рисунок 39 – Подвеска типа «МакФерсон»



Дополнительно ступица крепится к кузову транспортного средства амортизационной стойкой, выполняющей одновременно еще и роль поворотного кулака. Основными элементами этой стойки является винтовая пружина и амортизатор. Сама стойка представляет собой корпус, в который установлен амортизатор, а поверх же стойки расположена пружина. Вверху стойка упирается в кузов. Между ними установлена подушка стойки, на которую она и опирается. Установленный внутри упорный подшипник дает возможность вращаться стойке вокруг оси. Благодаря этому осуществляется возможность поворота колеса.

Однако, знаем, что как бы отлично не работала амортизационная стойка, существует возможность передачи колебаний на кузов транспортного средства, приводящий к его поперечному раскачиванию. Чтобы этого не произошло, в конструкцию включен стабилизатор поперечной устойчивости, соединяющий обе подвески колес. Работая на скручивание он гасит поперечные колебания.

Это основные элементы независимой подвески. Но имеется и большое количество вспомогательных элементов, без которых не обойтись. Таким элементом, к примеру, является подушка стойки. Также к ним относятся все резинотехнические элементы:

- сайлентблоки;
- шаровые опоры;
- втулки.

Все они тоже используются в гашении колебаний. Сайлентблоки, шаровые опоры и втулки помещаются везде, где производится соединение элементов подвески – рычагов с кузовом транспортного средства и ступицей, стабилизатора поперечной устойчивости со ступицами и подрамником и т. д [19].

### **Требования, предъявляемые к конструкции автомобиля**

К конструкции транспортного средства предъявляются производственные, эксплуатационные, потребительские требования и требования безопасности.

*Производственные требования* – это соответствие конструкции технологическим возможностям завода-изготовителя и современной технологии, низкий расход материалов, трудоемкость, себестоимость [20].

*Эксплуатационные требования* – это топливная экономичность, курсовая устойчивость, управляемость, маневренность, плавность хода, проходимость, надежность, технологичность обслуживания и ремонта, невысокая себестоимость транспортных работ [20].

*Потребительские требования* — это низкая стоимость самого автомобиля и его эксплуатации, безотказность и ремонтпригодность, безопасность, комфортабельность, легкость управления [20].

*Требования безопасности* включают в себя как активную, так и пассивную послеаварийную, а также экологическую безопасность автомобиля.

*Активная безопасность автомобиля* - это свойство снижать вероятность возникновения ДТП. Она с завода устанавливается в конструкцию

транспортного средства и проявляется при движении и в аварийной ситуации. Этот вид безопасности характеризуется обзорностью, уровнем совершенства сигнализации, освещенностью, эргономичностью рабочего места водителя, маневренностью, устойчивостью, скоростными и тормозными свойствами автомобиля [20].

*Пассивная безопасность автомобиля* - это его свойство снижать уровень тяжести последствий ДТП. Пассивную безопасность обеспечивают мероприятия, которые непосредственно направлены на уменьшение травматизма водителя и пассажиров, организация сохранности грузов, а также снижение травматизма людей, находящихся вне автомобиля при ДТП [20].

*Послеаварийная безопасность автомобиля*- это его способность снизить тяжесть последствий возникающих аварий, зависит как раз таки от наличия аптечки и огнетушителя, возможности эвакуации пострадавших и т. п. [20].

*Экологическая безопасность автомобиля* определяется степенью вредного влияния на окружающую среду при эксплуатации транспортного средства. Требования безопасности определяются ГОСТами, требованиями ЕЭК и должны учитываться не только при конструировании транспортного средства, но и контролироваться при его эксплуатации.

Процесс проектирования и конструирования транспортного средства основан на принятии решений, которые бы обеспечивали оптимальное сочетание различных свойств транспортного средства, отвечающих его назначению и предъявляемым к нему требованиям [20].

### **Контрольные вопросы:**

1. Активная безопасность автомобиля, дайте определение
2. Пассивная безопасность автомобиля, дайте определение
3. Экологическая безопасность автомобиля, дайте определение
4. Послеаварийная безопасность автомобиля, дайте определение
5. Какие виды подвесок автомобилей вы знаете?
6. Конструкция подвески типа Макферсон, устройство
7. Рессорная подвеска, конструкция, особенности?

## Заключение

Динамика автомобилей формирует профессиональные знания и умения при освоении основ теории колебаний транспортного средства и на базе этого основу динамики взаимодействия транспортной техники со средой, определению динамических показателей, характеристик, колебательных процессов, методов определения динамических свойств.

В результате изучения данной дисциплины обучающиеся будут уметь использовать теоретические расчеты по динамике в транспортных средствах, применять знания в экспериментальных исследованиях, определить технико-эксплуатационное состояние транспортной машины.

В учебном пособии рассматриваются методы определения основных геометрических параметров автомобиля, его тягово-скоростные качества; экспериментальное определение положения центра тяжести и дорожно-экономическая характеристика, тормозные свойства и влияние люфта рулевого колеса на траекторию движения автомобиля.

## Список использованных источников

- 1 Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля. – Москва: Форум, Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2021. – 368 с.
- 2 Осепчугов В.В. Фрумкин А.К. Автомобиль: Анализ конструкции, элементы расчета. Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
- 3 Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля. Учебное пособие. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 102 с
- 4 Голицын О.М. Определение моментов инерции твердых тел методом крутильных колебаний. - Воронеж : ВГУ, 2017. — 14 с.
- 5 Чалова М.Ю., Мишин А.В. Основы динамики машин. - Москва. 2013.- 35 с.
- 6 <https://www.carin.kz/pdd-rk>
- 7 Литвинов А.С. Фаробин Я.Е. Автомобиль Теория эксплуатационных свойств машиностроения.- М., 2013.- 238 с.
- 8 Сафиуллин Р.Н., Башкардин А.Г. Эксплуатация автомобилей. - Москва. Юрайт, 2019.- 204с.
- 9 <https://auto-spets.ru/product/isl-m/>
- 10 <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/diagnostirovanie/pribory-dlya-izmereniya-summarnogo-lyufta-rulevogo-upravleniya-lyuftomery/>
- 11 Лаптев С.А. Комплексная система испытания автомобилей. - М. Издательство стандартов. 1991.- 164 с.
- 12 <https://autosecret.net/avtosecret/1662-akselerometr>
- 13 Карпов, А. С. Динамика автомобиля– Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. – 204 с.
- 14 Клепинов В.М., Клепинов Е.В. Теория и конструкция автомобиля «Машиностроение» - М. 1967. – 309 с.
- 15 Островцев А.Н. Основы проектирования автомобилей. Учебное пособие. - М. Машиностроение. 1986. – 204 с.
- 16 Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля Учебное пособие. - М. Машиностроение. 1971. – 209 с.
- 17 Нарбут А.Н. Теория автомобиля, часть 2, Учебное пособие. – Москва. 2001. – 71 с.
- 18 Цитович И.С., Альгин В.Б. Динамика автомобиля. — Минск: Наука и техника, 1981. – 191 с.
- 19 <https://auto-dnevnik.com/docs/index-2779.html?page=5>
- 20 Иванов А.М. Основы конструкции автомобиля. – М.: За рулем. 2012. – 338 с.