

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобилем, или автотранспортным средством (АТС), называется машина, перемещение которой по поверхности земли осуществляется с помощью силы, создаваемой за счет взаимодействия колес с дорогой или грунтом. К ним относятся одиночные автомобили, автобусы и автопоезда, состоящие из автомобиля-тягача и одного или нескольких прицепов (полуприцепов). Возможность движения без рельсов значительно расширяет сферу использования автомобилей по сравнению с подвижным составом железнодорожного транспорта, позволяет доставлять грузы и пассажиров непосредственно к месту их назначения. Однако отсутствие рельсов повышает требования к свойствам, позволяющим изменять положение автомобиля в пространстве при воздействии на специальные органы управления.

Наличие специфических свойств позволяет использовать автотранспортные средства при выполнении общей для транспортных средств производственной функции в условиях, при которых применение других транспортных средств невозможно или менее целесообразно.

При проектировании конструктору необходимо знать, какой совокупностью свойств должно обладать АТС, чтобы наилучшим образом выполнять те производственные функции, для которых оно предназначено. Инженеру по эксплуатации знания свойств различных АТС помогают выбирать те из них, которые наиболее полно соответствуют характеристикам груза и условиям перевозок, а также дают возможность разрабатывать оптимальную стратегию перевозок, оптимальные методы поддержки в эксплуатации свойств, заложенных при проектировании и производстве (потенциальных свойств), и восстановление их в процессе ремонта. Инженер по организации движения должен знать, какими свойствами обладают АТС, чтобы на дорогах различных категорий вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий была меньше, ограничения должны накладываться на параметры движения в соответствии со свойствами автомобилей.

К основным эксплуатационным свойствам относят динамичность, топливную экономичность, проходимость, плавность хода, управляемость и устойчивость движения. Они характеризуют возможность эффективного использования автомобиля в определенных условиях и позволяют определить, насколько конструкция автомобиля соответствует требованиям эксплуатации.

Написание настоящего учебного пособия по теории эксплуатационных свойств обусловлено сложностями из-за необходимости постоянного обобщения новых теоретических и экспериментальных исследований в этой отрасли. Учебный комплекс состоит из трех книг, охватывающих такие темы, как динамичность, топливная экономичность, плавность хода и проходимость, управляемость и устойчивость движения.

В книге рассмотрены два эксплуатационных свойства — плавность хода и проходимость АТС.

В каждой главе рассмотрено одно из эксплуатационных свойств по следующей схеме:

- определение свойства;
- оценочные показатели;
- теоретические основы физических процессов, формирующих эксплуатационное свойство;
- теоретические методы расчета оценочных показателей;
- анализ влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели эксплуатационной свойства;
- основы экспериментальных методов определения оценочных показателей.

# 1. ПЛАВНОСТЬ ХОДА АВТОМОБИЛЕЙ

## 1.1. Плавность хода. Определение. Оценочные показатели

Плавность хода — это совокупность потенциальных свойств автомобиля, характеризующая его способность двигаться в заданном интервале скоростей без превышения установленных норм вибронагруженности водителя, пассажиров, грузов и конструктивных элементов автомобиля.

Нормы вибронагруженности устанавливаются такими, чтобы на дорогах, для которых предназначен автомобиль, колебания водителя и пассажиров не вызывали у них неприятных ощущений и быстрой утомляемости, а колебания грузов и конструктивных элементов автомобиля не приводили к их повреждению.

Возникающие при движении автомобиля колебания, вызванные неровностями дороги, влияют не только на плавность хода, но и на ряд других эксплуатационных свойств. Так, при эксплуатации грузовых автомобилей на дорогах с неудовлетворительным состоянием поверхности средняя скорость движения уменьшается на 40–50%, межремонтный пробег — на 35–40%, расход топлива увеличивается на 50–70%, а себестоимость перевозок — на 50–60%.

Колебания масс автомобиля обусловлены неровностями опорной поверхности дороги. Интенсивность колебаний зависит от параметров и характеристик компоновки автомобиля, его подвески и шин, а также от характеристик воздействий дороги, обусловленной геометрией неровностей и скоростью движения автомобиля. Параметры автомобиля, его механизмов и систем, определяются в процессе функционального проектирования и зависят от его назначения. Сначала определяются основные параметры автомобиля исходя из требований обеспечения высоких тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. Показатели этих свойств характеризуют потенциальные возможности автомобиля по их эффективному выполнению согласно функциональному назначению. Производительность автомобиля напрямую связана со скоростью его движения в реальных дорожных условиях. Однако потенциальные скоростные свойства автомобиля могут ограничиваться необходимостью обеспечения виброзащиты водителя, пассажиров и груза. Поэтому для достижения высокой эффективности выполнения транспортных работ автомобиль должен иметь возможность длительного движения по дорогам с неровной поверхностью в интервале высоких эксплуатационных скоростей. Это свойство обеспечивается выбором рациональной структуры и оптимальных параметров подвески автомобиля. В качестве исходных данных при функциональном проектировании подвески принимаются параметры компоновки автомобиля, характеристики дорожных условий и технические требования на показатели оценки плавности хода, устанавливаемые на основе действующих нормативных документов.

Показатели плавности хода автомобиля характеризуют влияние колебаний на водителя, пассажиров, элементы конструкции и перевозимый груз. Особое внимание уделяется виброзащите человека. Колебания автомобиля неблагопри-

ятно влияют на организм человека, вызывая функциональные расстройства ряда внутренних органов, что сказывается на его здоровье. Организм человека адаптирован к частоте колебаний 1,5–2,5 Гц при ускорении тела до 0,4g, что соответствует средней скорости пешехода. Изменение частоты и интенсивности колебаний может повлиять на состояние человека. Одиночные влияния большой интенсивности могут привести к травматическим повреждениям (ушибы, переломы, контузии). Колебания с частотой менее 1,0 Гц приводят к укачиванию (морской болезни), колебания с частотой 3–5 Гц вызывают реакции вестибулярного аппарата, расстройства сосудистой системы. При частотах 4–11 Гц возникают резонансные колебания головы, желудка, печени, кишечника. Колебания с частотами 11–45 Гц приводят к ухудшению зрения, вызывают тошноту и рвоту. При частоте выше 45 Гц и определенной интенсивности возникает так называемая вибрационная болезнь.

Исследованиями установлено, что человек воспринимает колебания вестибулярным аппаратом, глазами, суставами и мышцами, кожей. Колебания передаются через костную ткань и могут действовать непосредственно на внутренние органы. Человеческий организм воспринимает влияние колебаний по разному, в зависимости от их частоты. При низких частотах (до 15–20 Гц) он наиболее восприимчив к ускорениям, при средних частотах — к скорости колебаний, при высоких частотах — к перемещениям. Наибольшая чувствительность отмечается к вертикальным колебаниям в диапазоне частот 4–8 Гц и горизонтальным — 1–2 Гц.

При оценке плавности хода автомобиля и вибрационного нагружения водителя и пассажиров используются следующие показатели:

- собственные частоты колебаний подпрессоренных масс;
- максимальные и средние квадратические значения ускорений в разных точках автомобиля;
- средние квадратические значения виброускорений на сиденьях водителя и пассажиров в первых пяти октавных полосах частот.

Оценку воздействий вибрации на человека и нормирование ее допустимого уровня выполняют в соответствии с международным стандартом ГОСТ 31191.1-2004 (ISO 2631-1:1997) и ГОСТ 12.1.012-2004. Линейные вибрации, передающиеся человеческому телу, измеряют в трех направлениях декартовой системы координат. Установлено три критерия неблагоприятного воздействия вибрации на оператора:

- критерий «безопасность» обеспечивает исключение нарушения здоровья оператора, оценивается по объективным показателям с учетом риска возникновения предусмотренных по медицинской классификации профессиональных болезней и патологий. При этом также должна исключаться возможность возникновения травмоопасных или аварийных ситуаций из-за влияния вибрации;
- критерий «предел снижения производительности труда» обеспечивает поддержку нормативной производительности оператора, не снижающейся из-за развития усталости под влиянием вибрации;

– критерий «комфорт» обеспечивает оператору ощущение комфортности условий труда при полном отсутствии мешающих воздействий вибрации.

По способу передачи вибрации на человека различают общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. В автомобиле человек подвергается общей вибрации. Измерителями вибраций при испытаниях автомобилей принимают виброускорения, время воздействия и диапазон частот.

Частотный состав вибраций принято делить на октавы. Октава — это полоса частот, в которой конечная граничная частота  $v_k$  в 2 раза выше начальной  $v_n$ . Каждой октаве присвоен номер, и она характеризуется средним геометрическим значением частоты октавной полосы:

$$v_{окт} = \sqrt{v_n v_k}. \quad (1.1)$$

Для общей вибрации установлен нормированный диапазон частот в виде октавных и третьоктавных полос. Диапазон частот разделен на семь октавных полос со средними геометрическими частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц. Каждая октава в свою очередь разделена на третьоктавные полосы со средними геометрическими частотами от 0,8 до 80 Гц.

Для каждой октавной и третьоктавной полос регламентировано нормированное значение виброускорения. Допустимые значения виброускорений установлены на основе критерия «предел снижения производительности труда» для восьмичасовой продолжительности рабочей смены. Их значение для октавных полос при вертикальных и горизонтальных направлениях вибраций приведены в таблице 1.1. Там же указаны границы октавных полос и приведены весовые коэффициенты чувствительности человека к вертикальным и горизонтальным вибрациям.

Таблица 1.1

**Частотные характеристики октавных полос и санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки на оператора**

Параметр		Номер октавы						
		1	2	3	4	5	6	7
Граница диапазона, Гц	нижняя	0,7	1,4	2,8	5,6	11,2	22,4	44,8
	верхняя	1,4	2,8	5,6	11,2	22,4	44,8	89,6
Среднее геометрическое значение частоты, Гц		1	2	4	8	16	31,5	63
Допустимое значение виброускорения, м/с <sup>2</sup>	вертикального	1,10	0,79	0,57	0,60	1,14	2,25	4,50
	горизонтального	0,39	0,42	0,80	1,62	3,20	6,40	12,80
Весовой коэф. чувствительности человека к вибрациям	вертикальным	0,50	0,71	1,00	1,00	0,50	0,25	0,125
	горизонтальным	1,00	1,00	0,50	0,25	0,125	0,063	0,032

Санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки в третьоктавных полосах частот приведены в упомянутых выше стандартах, а также в работе [5].

Определены также нормы вибронагруженности, допустимые по критериям «безопасность» и «комфорт». Предельные ускорения по безопасности здоровья в 2 раза выше приведенных в таблице 1.1, а соответствующие комфортные условия — в 3,15 раза ниже норм уровня продуктивной работы.

## 1.2. Характеристики и параметры виброзащитной системы автомобиля

Автомобиль представляет собой колебательную систему, в которую входят инерционные, упругие и диссипативные элементы.

К инерционным относят массы кузова, мостов с колесами, людей и грузов. Различают подрессоренные и неподрессоренные массы. К подрессоренным относят массы, сила притяжения которых передается на упругие элементы подвески (массы кузова, груза, водителя, пассажиров). Другие массы относятся к неподрессоренным (колеса, мосты). Массы конструктивных элементов подвески частично относятся к подрессоренным, а частично — к неподрессоренным.

Упругие и диссипативные элементы составляют основу виброзащитной системы автомобиля. В эту систему входят: подвеска, шины, сиденья водителя и пассажиров. К подвеске относятся все конструктивные элементы, соединяющие мосты или отдельные колеса с рамой или кузовом. Кроме упругих и диссипативных элементов в нее входят направляющие устройства, определяющие кинематические характеристики перемещения колес относительно рамы или кузова и обеспечивающие передачу между ними усилий и моментов. Неровности дороги вызывают колебания масс автомобиля и приводят к изменению их кинетической энергии.

Упругие элементы предназначены для преобразования энергии толчков и ударов, создаваемых неровностями дороги, в потенциальную энергию упругих элементов. Назначение диссипативных элементов — гашение колебаний. Они обеспечивают рассеивание энергии, превращая механическую энергию колебаний в тепловую. Интенсивность гашения колебаний зависит от величины трения диссипативного элемента (гидравлического сопротивления амортизатора, внутреннего трения элементов шины и сидений).

### 1.2.1. Характеристика упругого элемента подвески

Характеристику упругого элемента подвески реального автомобиля получают экспериментально путем нагружения и разгрузки. Для этого автомобиль устанавливают колесами на весовые устройства. К кузову автомобиля закрепляют трос лебедки, с помощью которого кузов подтягивают вверх или вниз, изменяя деформацию упругого элемента от его полного разгружения до максимального нагружения, обусловленного ограничителями хода.

На рисунке 1.1 показана характеристика упругого элемента подвески, представляющая собой зависимость усилия упругого элемента  $F_p$  от его деформации  $\Delta_p$ . Эта зависимость при нагружении и разгрузке разная из-за неизбежного гистерезиса, обусловленного трением (межлистовое трение, внутреннее трение в материале упругих элементов и т. д.). В качестве характеристики упруго-

го элемента принимается средняя линия между кривыми нагружения и разгрузки (штриховая линия).

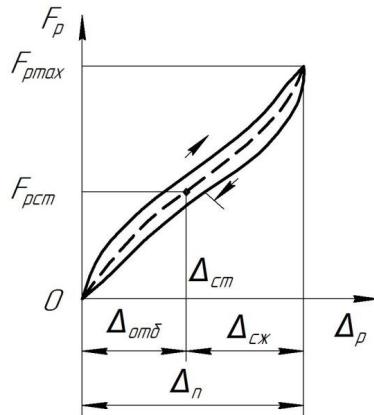


Рис. 1.1

Характеристика упругого элемента подвески

На характеристике упругого элемента отмечают полный ход подвески  $\Delta_n$ , ход сжатия  $\Delta_{cж}$  и ход отбоя  $\Delta_{омб}$ . Ход сжатия — это перемещение оси колеса от положения статического равновесия автомобиля к верхнему ограничителю хода подвески. Ход отбоя — перемещение оси колеса от положения статического равновесия автомобиля до нижнего ограничителя, а при его отсутствии — до полного освобождения упругого элемента. Полный ход подвески равен сумме ходов сжатия и отбоя:

$$\Delta_n = \Delta_{cж} + \Delta_{омб}. \quad (1.2)$$

Кроме ходов подвески определяют коэффициент жесткости упругого элемента  $c_p$  и коэффициент поглощающей способности подвески  $k_{nc}$ .

Коэффициент жесткости упругого элемента подвески  $c_p$  равен производной усилия упругого элемента  $F_p$  по перемещению  $\Delta_p$ :

$$c_p = \frac{dF_p}{d\Delta_p}. \quad (1.3)$$

Если  $c_p = \text{const}$ , то характеристика упругого элемента является линейной (рис. 1.2а), а если  $c_p$  зависит от деформации  $\Delta_p$  — нелинейной (рис. 1.2б).

Усилие упругого элемента с линейной характеристикой определяется по формуле

$$F_p = c_p \Delta_p. \quad (1.4)$$

Однако надо иметь в виду, что в связи с наличием ограничителей хода подвески характеристика упругого элемента в любом случае оказывается нелинейной, что должно учитываться при моделировании колебаний автомобиля в тяжелых дорожных условиях, характеризующихся значительными неровностями.

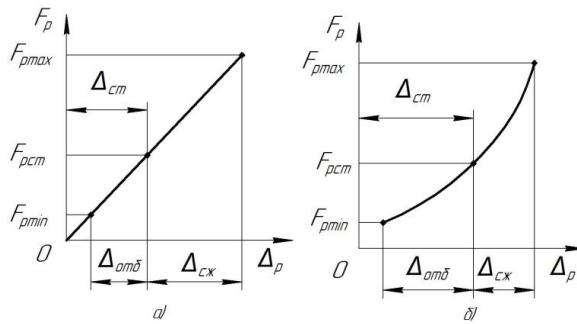


Рис. 1.2

Характеристики линейного (а) и нелинейного (б) упругих элементов подвески

Если нет ограничителя хода отбоя, то ход отбоя  $\Delta_{om\delta}$  равен статической деформации упругого элемента  $\Delta_{cm}$ , а при наличии ограничителя —  $\Delta_{om\delta} < \Delta_{cm}$  (рис. 1.2а).

На характеристиках упругих элементов обозначают три значения усилий:

$F_{pmin}$  — усилие сжатия, обеспечиваемое ограничителем хода отбоя;

$F_{pcm}$  — усилие, соответствующее положению статического равновесия автомобиля;

$F_{pmax}$  — максимальное усилие, соответствующее полной деформации пружины до упора в ограничитель хода сжатия.

Отношение максимального усилия упругого элемента  $F_{pmax}$  к статическому усилию  $F_{pcm}$  называют коэффициентом поглощающей способности подвески:

$$k_{nc} = \frac{F_{pmax}}{F_{pcm}}. \quad (1.5)$$

Этот коэффициент характеризует потенциальные возможности движения автомобиля без ударов в ограничители хода подвески. Для линейной подвески:

$$k_{nc} = \frac{\Delta_{cm} + \Delta_{cж}}{\Delta_{cm}} = 1 + \frac{\Delta_{cж}}{\Delta_{cm}}. \quad (1.6)$$

При экспериментальном определении характеристик упругого элемента прогибы измеряются в плоскости колеса. В независимой подвеске они отличаются от действительных прогибов упругого элемента (рис. 1.3). Поэтому полученные по результатам экспериментов характеристики упругих элементов называют приведенными характеристиками. Их используют при моделировании колебаний автомобиля, учитывая, что упругий элемент подвески расположен в плоскости колеса. Зависимости между действительными и приведенными параметрами упругого элемента при независимой подвеске колес определяют из соотношений (рис. 1.3)

$$c_y \Delta_y = c_p \Delta_p; \quad \frac{\Delta_y}{l_y} = \frac{\Delta_p}{l_w}, \quad (1.7)$$

откуда

$$c_p = \frac{c_y \Delta_y}{l_u}; \quad \Delta_p = \frac{\Delta_y l_u}{l_y}, \quad (1.8)$$

где  $c_y$ ,  $\Delta_y$  — коэффициент жесткости реального упругого элемента и его деформация.

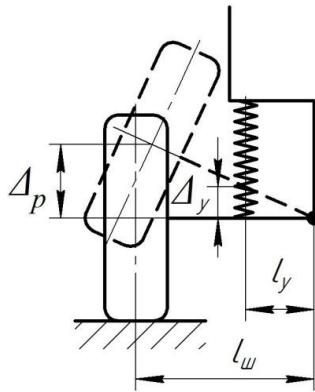


Рис. 1.3

Схема для определения приведенных параметров упругого элемента при независимой подвеске колеса

При наклонном расположении упругого элемента надо также учесть влияние угла наклона.

### 1.2.2. Характеристика упругих свойств шины

Характеристики упругих свойств шины также определяют экспериментально. На рисунке 1.4 показана зависимость усилия сжатия шины  $F_u$  от ее деформации  $\Delta_u$  при нагружке и разгрузке. При малой нагрузке эта зависимость нелинейная, но с ее увеличением становится практически линейной. Характеристика упругого элемента шины также имеет петлю гистерезиса. Нелинейным участком характеристики обычно пренебрегают и в качестве характеристики упругого элемента шины принимают среднюю линию между кривыми нагрузки и разгрузки в линейной области (штриховая линия).

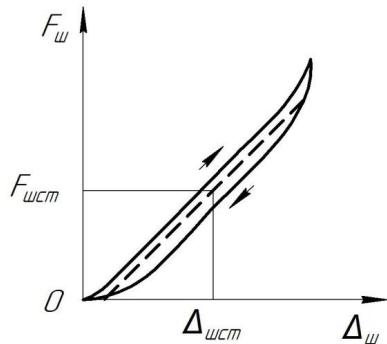


Рис. 1.4

Характеристика упругого элемента шины

Коэффициент радиальной жесткости шины  $c_{uu}$  определяют, вычисляя производную усилия сжатия  $F_{uu}$  по перемещению  $\Delta_{uu}$  в точке с координатами  $\Delta_{ucom}$ ,  $F_{ucom}$ , что соответствует статической нагрузке на шину:

$$c_{uu} = \frac{dF_{uu}}{d\Delta_{uu}}. \quad (1.9)$$

Значение  $c_{uu}$  зависит от конструкции шины, ее размеров, давления воздуха, а также от формы опорной поверхности. На выпуклых поверхностях жесткость уменьшается, а на вогнутых — растет.

На площадке контакта колеса с опорной поверхностью могут быть неровности различных размеров и конфигурации. Если их размеры соотносятся с размерами площадки контакта, то шина эти неровности сглаживает. При моделировании таких неровностей их профиль аппроксимируют соответствующими выражениями, в результате чего он сглаживается, исключаются отдельные выступы и впадины, а максимальные высоты неровностей уменьшаются. Однако задача сглаживания достаточно сложна, поэтому часто принимают некоторое допущение о форме неровностей и рассматривают точечный контакт колеса с такой модельной неровностью.

### 1.2.3. Характеристика диссипативных элементов

Рассеивание энергии при колебаниях в основном обеспечивается амортизаторами. Сила сопротивления амортизатора  $F_a$  зависит от скорости деформации упругого элемента подвески  $\dot{\Delta}_p$ :

$$F_a = \mu_p \dot{\Delta}_p, \quad (1.10)$$

где  $\mu_p$  — коэффициент сопротивления амортизатора.

Зависимость  $F_a$  от  $\dot{\Delta}_p$  называют характеристикой амортизатора. Эта характеристика нелинейная. Ее обычно аппроксимируют кусочно-линейной зависимостью (рис. 1.5). При ходе сжатия коэффициент сопротивления  $\mu_{psж}$  меньше, чем при ходе отбоя  $\mu_{pомб}$ . Соотношение между ними:

$$\mu_{psж} = (0,1-0,25)\mu_{pомб}, \quad (1.11)$$

что сделано для того, чтобы амортизатор не создавал больших усилий на ходе сжатия и не увеличивал жесткость подвески. Поглощение энергии колебаний при этом происходит в основном на ходе отбоя.

Для предотвращения перегрузки деталей амортизатора при больших скоростях деформации применяют разгрузочные клапаны, уменьшающие коэффициенты  $\mu_{psж}$  и  $\mu_{pомб}$  при превышении  $\dot{\Delta}_p$  некоторых значений  $\dot{\Delta}_{psж}$  и  $\dot{\Delta}_{pомб}$ . В нормальных эксплуатационных режимах движения автомобиля разгрузочные клапаны закрыты. Они открываются только при резких ударах колес о неровности опорной поверхности. Скорость  $\dot{\Delta}_p$ , при которой открываются клапаны, примерно равна 0,4 м/с.

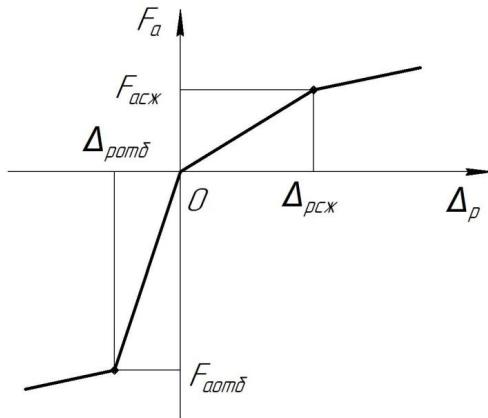


Рис. 1.5

Аппроксимированная характеристика гидравлического амортизатора

Рассеивание энергии колебаний происходит также за счет сил трения между элементами подвески, гистерезисных потерь в материале деформируемых элементов подвески и шин.

При деформации пружин, торсионов, баллонов пневматических подвесок трение незначительно. В рычажной подвеске потери на трение зависят от количества шарниров и их конструкции. Больше трения создают шарниры с гладкими пальцами, меньше — шарниры с резьбовыми пальцами. Трение в шарнирах с подшипниками качения и с резиновыми втулками незначительно.

Большое трение создает листовая рессора. При ее деформации происходят относительные перемещения листов и между ними возникает трение. Его называют трением без смазочного материала. Сила трения в таком случае определяется по формуле

$$F_{mp} = -F_{mp0} \operatorname{sign} \dot{\Delta}_p, \quad (1.12)$$

где  $F_{mp0}$  — модуль силы трения без смазочного материала.

Сила  $F_{mp0}$  в общем случае пропорциональна нормальной реакции поверхности трения. При моделировании колебаний автомобиля  $F_{mp0}$  обычно принимают постоянной. Чем больше число листов в рессоре, тем выше потери на трение. Для уменьшения силы трения применяют специальные антифрикционные прокладки между листами или межлистовую смазку.

Сила трения при радиальной деформации шины пропорциональна скорости ее деформации:

$$F_{mpu} = \mu_u \dot{\Delta}_u. \quad (1.13)$$

Трение в материале шины зависит от ее конструкции (размеров шины, числа слоев и материала корда), давления воздуха, деформации и скорости качения.

На рисунке 1.6а показаны графики затухания колебаний неподвижного колеса, а на рисунке 1.6б — колеса, катящегося по гладкому барабану со скоростью 20 км/ч.

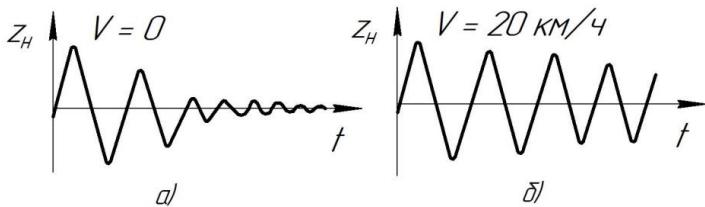


Рис. 1.6

Свободные колебания неподрессоренной массы неподвижной (а) и катящейся (б) шины

Очевидно, что в первом случае рассеивание энергии гораздо больше, чем во втором. Объясняется это тем, что скорость деформации элементов беговой дорожки шины при качении существенно больше скорости деформации от вертикальных колебаний.

#### 1.2.4. Характеристика колебаний автомобиля

При движении на автомобиль действуют внешние силы и толчки со стороны дороги, которые вызывают его перемещения и колебания вдоль продольной, поперечной и вертикальной осей.

При удачном согласовании характеристик упругих элементов подвески и амортизаторов удается в значительной мере ослабить негативное воздействие этих сил и толчков на комфортабельность, безопасность и эксплуатационную надежность автомобиля.

При рассмотрении конструкции подвески следует всегда различать упругие элементы и систему демпфирования колебаний. Оба эти компонента подвески должны противостоять внешним силам, снижать их и по возможности ограничивать их передачу на кузов автомобиля (рис. 1.7).

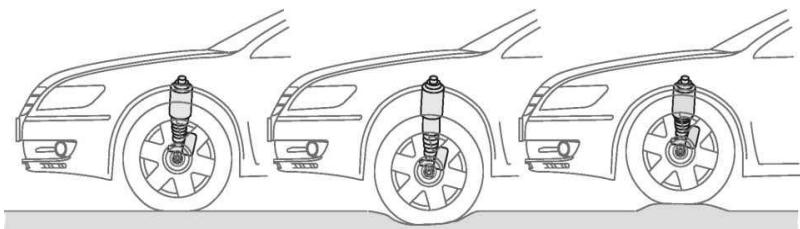


Рис. 1.7

Движение автомобиля по неровностям дороги

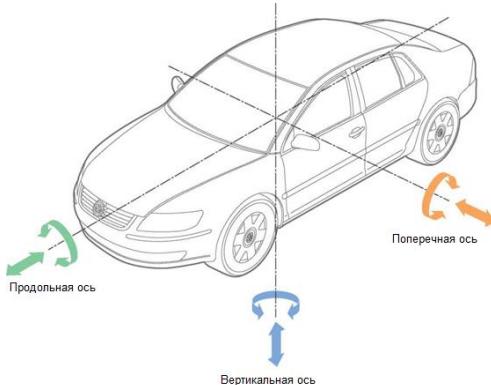
При рассмотрении конструкции подвески следует обеспечить следующее.

1. Безопасность автомобиля. Постоянный контакт с дорогой является важной предпосылкой управления и торможения автомобиля.

2. Комфортабельность автомобиля. Это защита пассажиров от воздействия колебаний, угрожающих их здоровью или создающих неприятные ощущения, а также сохранение целостности груза.

3. Эксплуатационную надежность. Под этим понятием подразумевается защита кузова автомобиля и его агрегатов от высоких ударных и вибрационных нагрузок.

При движении автомобиля его кузов испытывает не только поступательные перемещения вверх и вниз, но и колебания как вокруг продольной, поперечной и вертикальной осей, так и вдоль них (рис. 1.8).



**Рис. 1.8**  
Виды колебаний автомобиля

Различают следующие виды колебаний автомобиля:

- подергивание — колебания вдоль продольной оси;
- покачивание — угловые колебания относительно продольной оси;
- пошатывание — колебания вдоль поперечной оси;
- галопирование — угловые колебания относительно поперечной оси;
- вертикальные колебания — колебания вдоль вертикальной оси;
- рыскание — угловые колебания относительно вертикальной оси.

Колебания продолжаются до тех пор, пока они не будут погашены в результате действия сил внутреннего трения.

Колебания характеризуются амплитудой и частотой. При настройке подвески особое внимание уделяется собственной частоте колебаний кузова.

Колебания с частотой менее 1 Гц вызывают у многих людей тошноту. При частоте колебаний более 1,5 Гц теряется ощущение комфорта, а колебания с частотой выше 5 Гц воспринимаются как вибрация.

Собственная частота колебаний кузова зависит главным образом от жесткости упругих элементов и от величины подпрессоренной массы.

Определения по колебаниям автомобиля сведены в таблице 1.2.

*Таблица 1.2*

**Определения по колебаниям автомобиля**

Понятие	Определение
Колебания	Движение любой массы вверх и вниз (например, колебания кузова на упругих элементах)
Амплитуда	Максимальное отклонение колеблющейся массы от положения покоя (ход подвески)
Период	Время совершения одного полного колебания

Понятие	Определение
Частота	Число колебаний (периодов) в секунду; одно колебание в секунду соответствует одному Герцу (1 Гц)
Собственная частота	Число свободных колебаний массы на упругих элементах в секунду
Резонанс	Совпадения частоты возбуждающей силы с частотой собственных колебаний
Демпфирование	Степень затухания колебаний

На рисунке 1.9 приведена схема колебания некоторой массы.

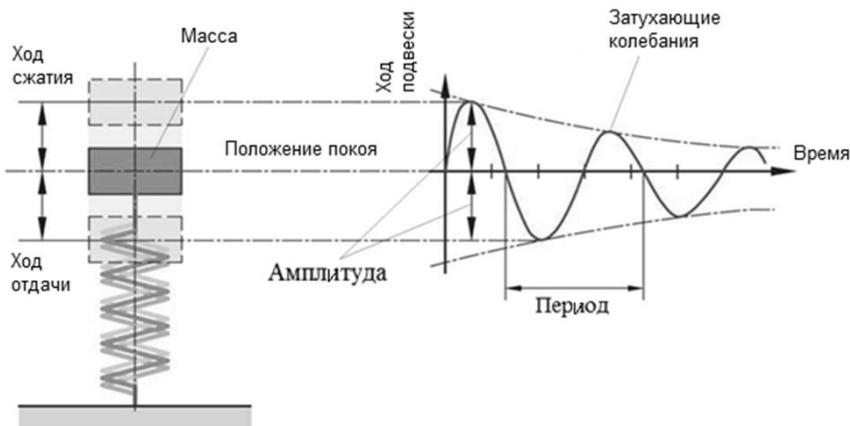


Рис. 1.9  
Схема колебания

Большие массы или мягкие упругие элементы приводят к низкой собственной частоте колебаний кузова (при больших амплитудах). Схема колебаний изображена на рисунке 1.10а.

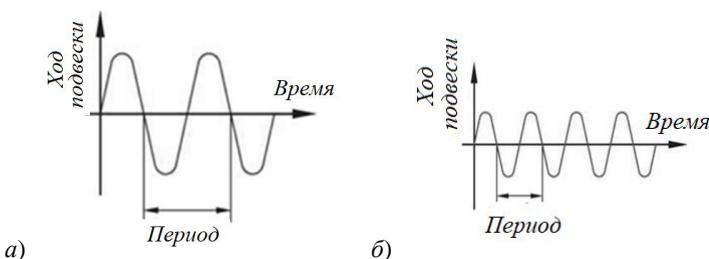


Рис. 1.10  
Собственные частоты колебаний кузова:

а — низкая частота; б — высокая частота.

Малые массы или жесткие упругие элементы приводят к высокой собственной частоте колебаний кузова (при малых амплитудах), что изображено на рисунке 1.10б.

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)