

ЛЕКЦИЯ № 13 ПОДВЕСКА

Подвеской называется совокупность устройств, осуществляющих упругую связь колес с несущей системой автомобиля (рамой или кузовом), обеспечивает плавность хода, повышает безопасность движения, а также регулирует положения кузова автомобиля.

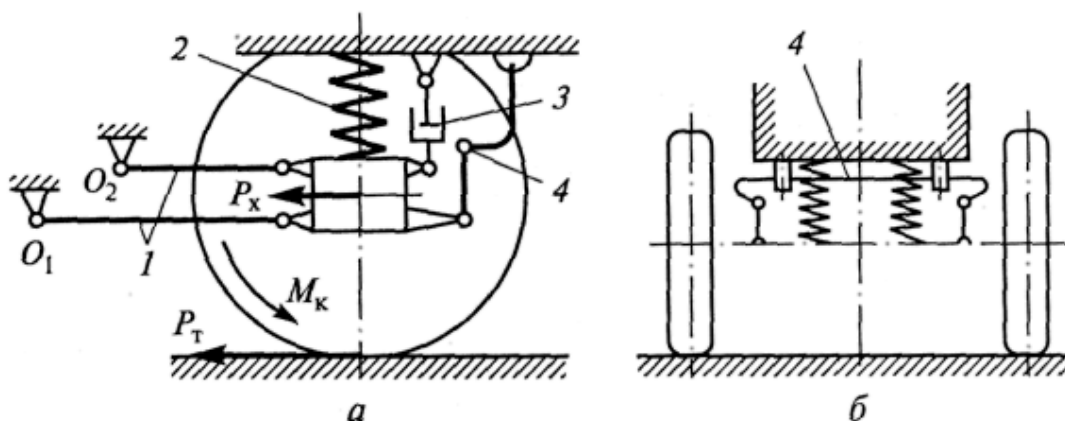
Плавность хода – свойство автомобиля защищать перевозимых людей и грузы от воздействия неровностей дороги. Смягчая толчки и удары от дорожных неровностей, подвеска обеспечивает возможность движения автомобиля без дискомфорта и быстрой утомляемости людей и повреждения грузов.

Подвеска повышает безопасность движения автомобиля, обеспечивая постоянный контакт колес с дорогой и исключая их отрыв от нее.

Подвеска разделяет все массы автомобиля на две части — поддрессоренные, т.е. опирающиеся на подвеску (кузов, рама и закрепленные на них механизмы) и неподдрессоренные –опирающиеся на дорогу (мосты, колеса, тормозные механизмы).

При движении по неровной дороге поддрессоренные части автомобиля колеблются с низкой частотой ($60...150 \text{ мин}^{-1}$), а неподдрессоренные — с высокой частотой ($350...650 \text{ мин}^{-1}$).

Подвеска автомобиля состоит из четырех основных устройств (*устно пояснить необходимость в каждом элементе и после изображения записать определение*):



Схемы подвески (а) и стабилизатора (б) поперечной устойчивости

1. направляющий – определяет характер перемещения колеса относительно кузова и передает усилия и моменты между ними;

2. упругий – снижает динамическое взаимодействие колеса с кузовом и исключает копирование кузовом неровностей дороги и улучшает плавность хода автомобиля;

3. гасящий – снижает амплитуду колебаний кузова автомобиля, и приводит к их затуханию, (превращает механическую энергию колебаний в тепловую энергию с последующим ее рассеиванием в окружающую среду), повышает безопасность движения автомобиля (предотвращают отрыв колес от поверхности дороги и обеспечивают их постоянный контакт с дорогой);

4. стабилизирующий (уменьшает боковой крен и поперечные колебания кузова автомобиля).

ТРЕБОВАНИЯ

- обеспечение плавности хода;
- обеспечение движения по неровным дорогам без ударов в ограничитель;
- ограничение поперечного крена автомобиля;
- обеспечение затухания колебаний кузова и колес;

- постоянство колеи и углов наклона колес;
- надежная передача от колес к кузову продольных и поперечных сил;
- снижение массы неподрессоренных частей;
- общие требования.

УПРУГАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДВЕСКИ

Упругая характеристика подвески представляет собой зависимость вертикальной нагрузки на колесо от деформации подвески, измеренной непосредственно над осью колеса.

Логическая схема выбора упругой характеристики подвески автомобиля

В форме логических умозаключений построить требуемую для конкретного автомобиля упругую характеристику его подвески

Нарисовать оси будущей упругой характеристики и далее следовать плану:

1. Известно, что собственная частота колебаний упругой системы непосредственно зависит от ее статической деформации, т.е.

$$\Omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{ст}}},$$

g – ускорение свободного падения;

$f_{ст}$ – статический прогиб подвески.

Оказывается, что физиологически наиболее привычными для человека являются колебания с частотами, свойственными нормальной ходьбе, а именно 0,8...2,0 Гц.

Поэтому, если собственная частота колебаний подвески будет лежат в этих пределах, человеческий организм будет хорошо переносит колебания.

2. Задавшись частотой из указанного диапазона можно определить необходимый статический прогиб подвески

$$f_{ст} = \frac{g}{(2\pi\Omega)^2}.$$

отметить на графике статический прогиб

3. Зная собственную массу автомобиля и распределение ее по осям зададимся статической нагрузкой $Rz_{ст}$. *Нарисовать прямую соответствующую этой нагрузке и на месте пересечения с линией прогиба поставить точку а.*

4. Предположив, что упругая характеристика подвески линейна. А также задавшись максимальным прогибом подвески f_d (при известной компоновке подвески) строим ее упругую характеристику. *Соединить начало координат с т. а. и продлить ее до пересечения с линией f_d . Таким образом мы получили искомую упругую характеристику подвески.*

Точка пересечения этой прямой с линией f_d будет определять динамическую нагрузку на подвеску.

5. **Упругую характеристику можно получить и другим способом**, а именно – задавшись максимальной нагрузкой. Известно, что для подвески автомобилей отношение Rz_d к $Rz_{ст}$ определяется коэффициентом динамичности $K_d = \frac{Rz_d}{Rz_{ст}} = 1,75...2,5$. Поэтому, зная $Rz_{ст}$ можно определить

Rz_d . *Поставить точку на линии f_d соответствующую Rz_d и соединить ее с началом координат.*

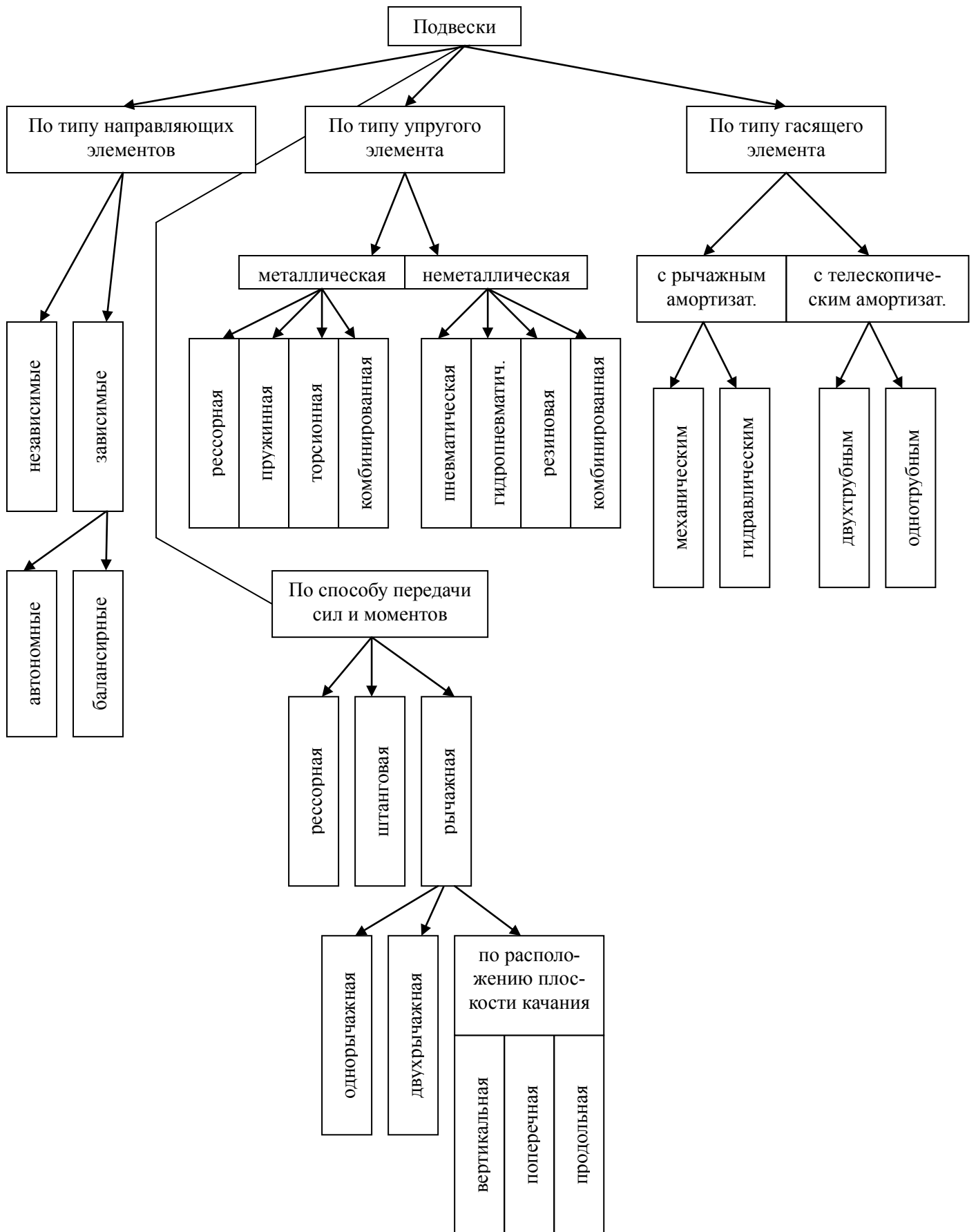
6. Судя из графика, получены две взаимоисключающие упругие характеристики. Т.о. оче-

видно существует необходимость в нелинейной характеристике подвески. *Показать возможные варианты упругих характеристик.*

Нелинейную упругую характеристику подвески можно получить:

1. Применяв упругий элемент имеющий нелинейную характеристику;
2. С помощью специальных направляющих элементов или опор;
3. С помощью комбинированных упругих элементов (состоят из основного и дополнительного элементов (листовая рессора и пружины, резиновые буферы или пневматические баллоны).

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДВЕСОК



КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОДВЕСОК

ЗАВИСИМЫЕ ПОДВЕСКИ	
<p>Зависимые автономные подвески – двухосные грузовые автомобили и автобусы, редко — для легковых автомобилей:</p> <ul style="list-style-type: none"> + простота конструкции; – вертикальное перемещение колеса сопровождается изменением угла λ, что вызывает гироскопический эффект, возбуждающий колебания колеса относительно шкворня. 	 <p style="text-align: center;">a)</p>
<p>Зависимые балансирные подвески используется на трехосных автомобилях. При прочих равных условиях вертикальное перемещение кузова при балансирной подвеске в 2 раза меньше, чем при автономной.</p>	 <p style="text-align: center;">балансирная ось шарнирно соединена с кронштейнами, закрепленными на раме, и с рессорой, свободно опирающейся на балки мостов. Здесь рессора является балансиром.</p>
НЕЗАВИСИМЫЕ ПОДВЕСКИ	
<p>+ возможность большого прогиба, уменьшение гироскопического момента, улучшение устойчивости и управляемости, уменьшение массы неподрессоренных частей, хорошая приспособляемость колес к неровностям дороги</p>	
<p>Однорычажная независимая:</p> <ul style="list-style-type: none"> + простота конструкции; – вертикальное перемещение колеса сопровождается изменением угла λ, (вызывает гироскопический момент, возбуждающий колебания колеса относительно шкворня) 	 <p style="text-align: center;">d)</p>
<p>Двухрычажничная независимая с рычагами равной длины:</p> <ul style="list-style-type: none"> + отсутствует угловое перемещение; – значительное поперечное перемещение колеса (ведет к быстрому изнашиванию шин и уменьшению боковой устойчивости). 	 <p style="text-align: center;">e)</p>
<p>Двухрычажничная независимая с рычагами разной длины</p> <ul style="list-style-type: none"> + имеет малые угловое и поперечное перемещение Причем гироскопический момент компенсируется моментом трения (в шкворнях), а поперечное перемещение – упругостью шин. 	 <p style="text-align: center;">z)</p>

<p>Независимая двухрычажная с продольным качением: + отсутствию поперечного перемещения и наклона</p>	
<p>Независимая рычажно-телескопическая типа «качающаяся свеча» или Мак-Ферсон.</p> <p>+ незначительное изменение колеи, развала и схождения колес, (замедляется изнашивание шин, улучшается устойчивость автомобиля), малые размеры и масса, большой ход; – нагружением крыла в точке крепления верхней опоры</p> <p>Судя из схемы подвески по линии eA действует сила P_B, которая может быть разложена на две составляющие силы: $P_{пр}$, действующую на пружины, и $Q_{пр}$, перпендикулярную оси стойки. Под действием силы $Q_{пр}$ повышается трение штока поршня в направляющей стойке, что может быть причиной ухудшения плавности хода при мелких неровностях. С целью устранения этой силы пружины располагают под углом, чем обеспечивается совмещение оси пружины с направлением силы P_B.</p>	

УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Выбор типа упругого элемента определяется конструктивной схемой подвески, требованиями компактности и снижения массы.

Металлические упругие элементы:

- листовые рессоры;
- спиральные пружины;
- торсионы.

Для зависимых подвесок чаще используют рессоры, а для независимых – пружины и торсионы.

1. Листовые рессоры (состоят из собранных вместе отдельных листов выгнутой формы)

+ простая технология изготовления; выполняют функции упругого, направляющего и гасящего элементов;

– высокая металлоемкость (энергия, запасаемая единицей объема листовой рессоры, в 4 раза меньше, чем у пружин и торсионов), наличие межлистового трения (отрицательно влияет на долговечность: часты случаи поломки листов вследствие микротрещин, возникающих при межлистовом трении).

Проектирование листовых рессор

При проектировании рессоры одним из основных условий является обеспечение равного сопротивления изгибу по всей ее длине. Такими свойствами обладает одноплечая однолистовая рессора равного сопротивления которая имеет вид.

Для которой напряжения и прогиб

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_{\text{и}}} = \frac{Pl}{Bh^2} = 6 \frac{Pl}{Bh^2};$$

$$f = \frac{Pl^3}{2EJ_0},$$

$$J_0 = \frac{Bh^3}{12}.$$

где J_0 - момент инерции сечения

Аналогично для двуплечей однолистовой рессоры равного сопротивления (*дорисовать схему одноплечей до двуплечей*)

С учетом того, что $P = 0,5Q$, а $l = 0,5L$ получаем

$$\sigma_{\text{и}} = 6 \frac{Pl}{Bh^2} = 6 \frac{0,5Q \cdot 0,5L}{Bh^2} = 1,5 \frac{QL}{Bh^2};$$

$$f = \frac{Pl^3}{2EJ_0} = \frac{0,5Q \cdot (0,5L)^3}{2E \frac{Bh^3}{12}} = \frac{3}{8} \frac{Q \cdot L^3}{Enbh^3}.$$

В таком виде использовать рессору в качестве упругого элемента подвески не представляется возможным, поэтому ее следует заменить на равноценную многолистовую. Для этого ее следует разрезать на полоски равной ширины, а затем их сложить определенным образом.

Таким образом для многолистовой рессоры:

– напряжения $\sigma_{\text{и}} = 1,5 \frac{QL}{nbh^2};$

– прогиб $f = \frac{3}{8} \frac{Q \cdot L^3}{Enbh^3};$

– жесткость $c = \frac{Q}{f} = \frac{Q}{\frac{3}{8} \frac{Q \cdot L^3}{Enbh^3}} = \frac{8}{3} \frac{Enbh^3}{L^3}.$

В действительности многолистовая рессора равного сопротивления невыполнима в связи с необходимостью размещения на концах коренного листа опор, через которые возможна передача вертикальных, толкающих, боковых и других нагрузок.

В связи с этим напряжения, прогиб и жесткость в рессорах:

– симметричной полуэллиптической $\sigma_{\text{и}} = 1,5 \frac{QL}{nbh^2}; \quad f = \delta \frac{Q \cdot L^3}{4Enbh^3}; \quad c = \frac{Enbh^3}{4\delta L^3}.$

– несимметричная полуэллиптическая $\sigma_{\text{и}} = 6 \frac{Ql_1l_2}{Lnbh^3}; \quad f = 4\delta \frac{Q \cdot l_1^2l_2^2}{Enbh^3L},$

где δ — коэффициент прогиба (зависит от конструкции концов рессоры: для одном коренном листе $\delta = 1,25 \dots 1,40$; при усиленном коренном листе $\delta = 1,25$).

Применение несимметричных рессор позволяет:

- уменьшить подъем передней части заднего моста, а следовательно, и заднего шарнира карданной передачи при ходе сжатия, что улучшает работу карданной передачи и снижает высоту туннеля в кузове;
- эффективно противодействовать «клевкам» при торможении и «приседаниям» при разгонах.

Преобразовав указанные формулы можно получить уравнение связывающее напряжения в листах с прогибом $\sigma = 6 \frac{fhE}{\delta L^2}$.

Откуда можно предварительно определить длину рессоры $L = \sqrt{\frac{6fhE}{\delta\sigma_{\max}}}$,

где E — модуль упругости при растяжении; $E = 20,5 \cdot 10^4$ МПа; f — общая деформация рессоры, соответствующая полному ходу колеса ($f = f_{\text{ст}} + f_{\text{д}}$); σ_{\max} — максимально допустимое напряжение изгиба.

Из формулы видно, что при увеличении длины рессоры при прочих равных условиях можно значительно повысить толщину листов, что особенно важно для коренного листа, воспринимающего кроме вертикальных нагрузок боковые, продольные и скручивающие.

Число листов рессоры составляет обычно 6...14.

Если число листов меньше шести, то рессора излишне тяжела, а если больше десяти, то прочность коренных листов недостаточна.

Материалы: стали 55ГС, 55С2, 60С2 [$\sigma_{\text{изг}}$] = 900МПа.

Упругая характеристика листовой рессоры близка к линейной. Для обеспечения нелинейности характеристики рессор легковых автомобилей широко используют дополнительный резиновый буфер, который уменьшает длину рессоры и соответственно повышает ее жесткость. А для грузовых автомобилей — дополнительную рессору.

Помимо этого изменение характеристики можно добиться с помощью особой конструкции крепления рессор (*нарисовать крепление рессоры с помощью серьги*).

Серьга имеет небольшой уклон (без нагрузки около 5°), чтобы исключить ее отклонение в другую сторону. По мере увеличения нагрузки серьга отклоняется, увеличивается горизонтальная составляющая силы действующая вдоль оси серьги растягивающая коренной лист, тем самым повышая его жесткость.

Как говорилось ранее, одним из основных недостатков рессор является недостаточная долговечность. Это объясняется большим межлистовым трением и сложным напряженным состоянием, так как рессора воспринимает вертикальные, продольные и боковые усилия и их моменты.

Для повышения сопротивления усталости рессор поверхности листов подвергают дробеструйной обработке, что создает в поверхностном слое предварительные напряжения сжатия и уменьшает дефекты на поверхности листа, влияющие на сопротивление усталости.

Для устранения межлистового трения стремятся уменьшить число листов в рессоре и обеспечить гарантированный зазор между листами. Помимо этого малолистовые рессоры имеют меньшую массу. Например: однолистовая рессора имеет в сравнении с многолистовыми меньшую на 25...50 % массу и в 1,3...1,5 раза большую долговечность.

2. Пружины

Пружины подвески изготавливают из стального прутка круглого сечения. Нашли применение спиральные (витые) цилиндрические, конические и бочкообразные пружины.

+ высокая энергоемкость, простота;

– необходимость иметь автономное направляющее устройство (витые пружины воспринимают только вертикальные нагрузки и не могут передавать продольные и поперечные усилия), что усложняет конструкцию подвески в целом.

Принципиальные отличия различных типов пружин заключается в особенностях их упругих характеристик. Так цилиндрические пружины имеют линейную характеристику. А конические и бочкообразные – прогрессивную. В силу особенностей установки (ложатся на специальные резиновые подушки) имеет место периодическое касание различными участками проволоки опоры. В результате попадания абразива на опорную площадку на поверхности появляются раковины, которые в процессе эксплуатации перерастают в трещины и пружины выходят из строя.

Расчет пружин выполняется в соответствии с требованиями общего машиностроения.

3. Торсионы

По расположению торсионы могут быть продольные и поперечные, а по сечению: круглые, пластинчатые, составные и др.

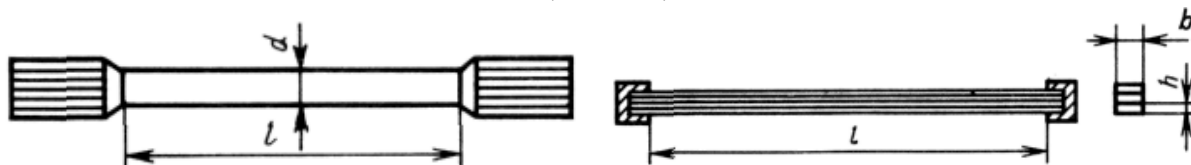
+ высокая энергоемкость, простота, компактность;

– необходимость иметь автономное направляющее устройство, что усложняет конструкцию подвески в целом, трудность термической обработки.

Напряжения кручения:

– в торсионах круглого сечения $\tau_{кр} = \frac{16M}{\pi d^3} \leq [\tau_{кр}]$;

– в пластинчатых торсионах $\tau_{кр} = 3M \left(1 + 0,6 \frac{b}{h} \right) nbh^2 \leq [\tau_{кр}]$



Подробный расчет см. Н. А. Бухарин «Автомобили»

Материалы: сталь 50ХФА, 45ХНМА.

Напряжения $[\tau] = 800 \dots 1000 \text{ МПа}$.

Неметаллические упругие элементы – самостоятельно.

КОЛЕСА И ШИНЫ САМОСТОЯТЕЛЬНО