

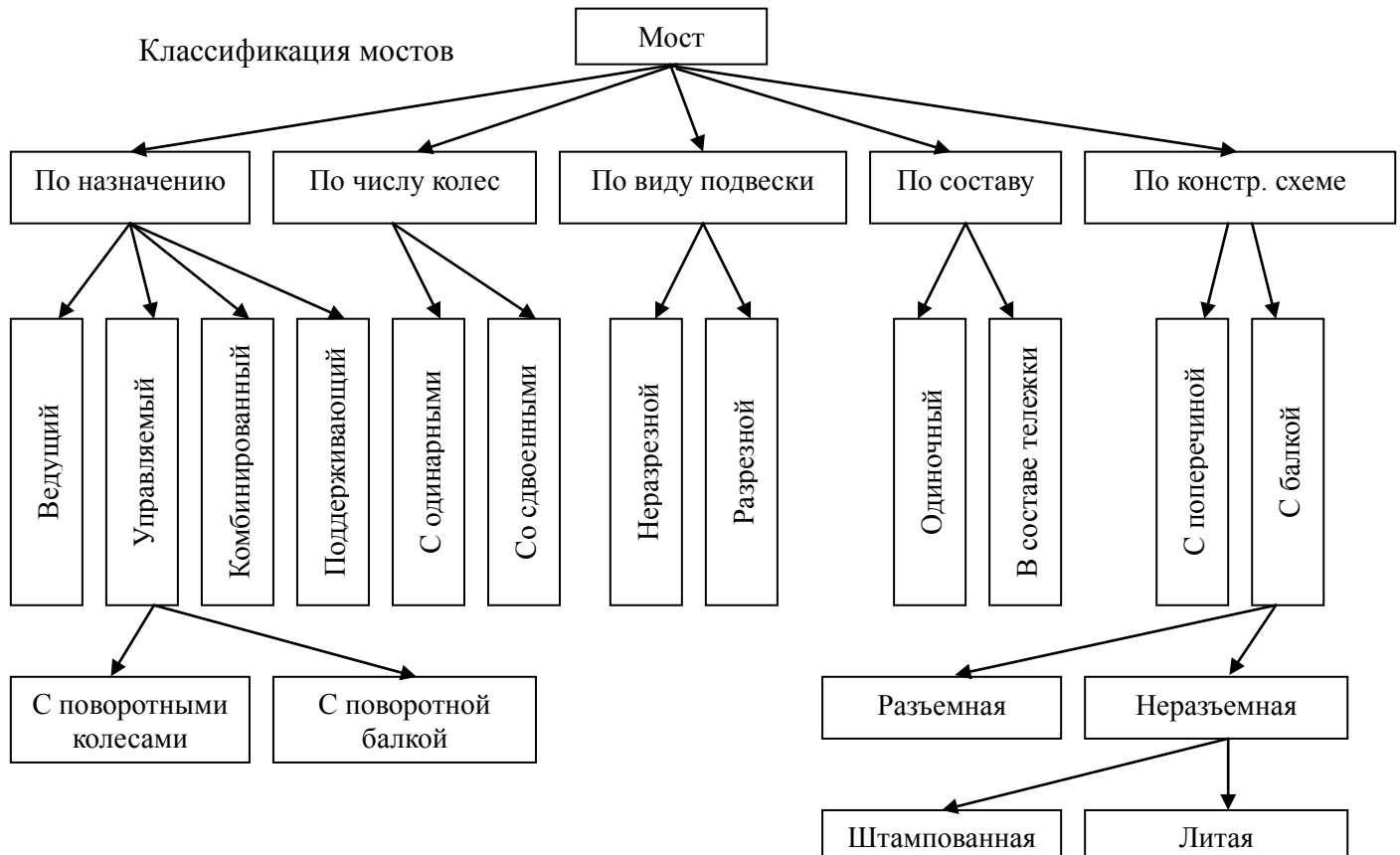
ЛЕКЦИЯ № 10

МОСТЫ

Мосты служат для поддержания рамы и кузова и передачи от них на колеса вертикальной нагрузки, а также для передачи от колес на раму (кузов) толкающих, тормозных и боковых усилий.

Требования:

- минимальная масса (в наиболее распространенных неразрезных мостах грузовых автомобилей масса моста не поддрессорена и поэтому она должна быть наименьшей);
- наименьшие габаритные размеры (требования уменьшения размеров обусловлены необходимостью обеспечения заданного значения дорожного просвета, высоты пола и положения центра масс автомобиля);
- оптимальная жесткость (чтобы обеспечить нормальные условия работы зубчатых зацеплений, максимальный статический прогиб не должен превышать 1,5мм на 1 м колеи);
- общие требования.

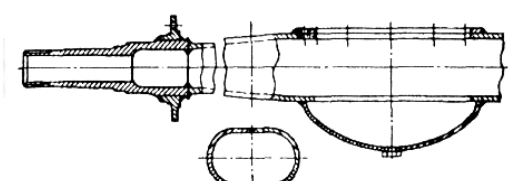
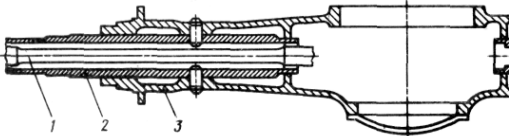
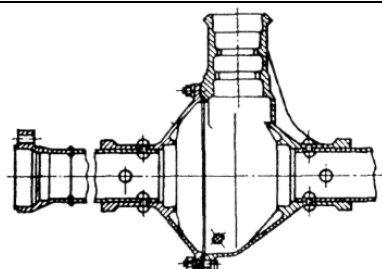
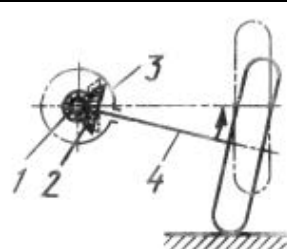


ВЕДУЩИЕ МОСТЫ

Ведущий мост представляет собой пустотелую балку, в которой размещены узлы трансмиссии: главная передача, дифференциал и полуоси. Концы балки используются для установки подшипников ступиц колес. Балка имеет фланцы для присоединения опорных дисков или суппортов тормозных механизмов, а также площадки для крепления рессор или кронштейны для установки подвески других типов.

Ведущий мост воспринимает передаваемые через подшипники ступиц колес вертикальные, боковые и продольные реакции, возникающие в точках контакта колес с опорной поверхностью, а также реактивный тяговый момент, передаваемый через подшипники шестерни главной передачи, и реактивные тормозные моменты, возникающие в опорных дисках или суппортах тормозных механизмов. Ведущий мост передает силы и моменты на поддрессоренную часть через продольные листовые рессоры или через направляющие устройства и упругие элементы подвески других типов.

Ведущие мосты в зависимости от типа подвески различают: **разрезные** (применяются при независимой подвеске колес), а **неразрезные** (при зависимой подвеске).

НЕРАЗРЕЗНЫЕ МОСТЫ	
<p style="text-align: center;">Неразъемная балка моста (балка типа банджо):</p> <p>+ позволяет легко демонтировать главную передачу (которая представляет собой отдельную сборочную единицу). При этом не нарушаются регулировки подшипников и пятен контакта зубьев.</p>	
<p>Штампованная (сварная):</p> <p>+ малая масса и высокая технологичность пр-ва; –</p>	
<p>Литая:</p> <p>+ высокая жесткость, что способствует снижению уровня шума; – высокая масса (толщина стенок 8...10 мм)</p>	
Разъемная балка моста	
<p>С поперечным разъемом:</p> <p>+ технологичность в изготовлении, небольшая масса; – ограниченная возможность регулировок подшипников и пятна контакта шестерен, требует регулярных проверок затяжки стяжных болтов.</p>	
РАЗРЕЗНЫЕ МОСТЫ	
<p>Разрезные мосты применяют при независимой подвеске колес. У такого моста картер главной передачи прикреплен к раме автомобиля, а кожухи полуосей (если они имеются) выполнены качающимися</p>	
<p>Разрезной мост с качающейся полуосью:</p> <p>+ снижение неподрессоренной массы, повышение проходимости; – сложная конструкция.</p>	

Силовым элементом ведущего моста является балка, которая должна удовлетворять следующим требованиям (в дополнении к требованиям к мостам в целом):

- надежно защищать механизмы трансмиссии, расположенные в балке (от воды, грязи и повреждений);
- иметь высокую жесткость (для нормальных условия работы зубчатых зацеплений и полуосей), максимальный статический прогиб не должен превышать 1,5 мм на 1 м колеи;
- удобный доступ к механизмам и устройствам для обслуживания и ремонта;

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ БАЛКИ ВЕДУЩЕГО МОСТА

Схема, конструкция и размеры поперечного сечения балки ведущего моста определяют размеры главной передачи и дифференциала.

Предварительно размеры поперечного сечения в месте крепления рессоры можно определить по моменту сопротивления изгибу, определенному по эмпирической формуле

$$W = \frac{G_m l}{2600} \text{ см}^3,$$

где G_m – масса поддрессоренной части автомобиля, приходящаяся на мост, кг;

l – расстояние от центральной плоскости колеса до середины опорной площадки рессоры, см.

Затем определившись с типом поперечного сечения балки (труба, короб и т.д.) можно найти размеры сечения.

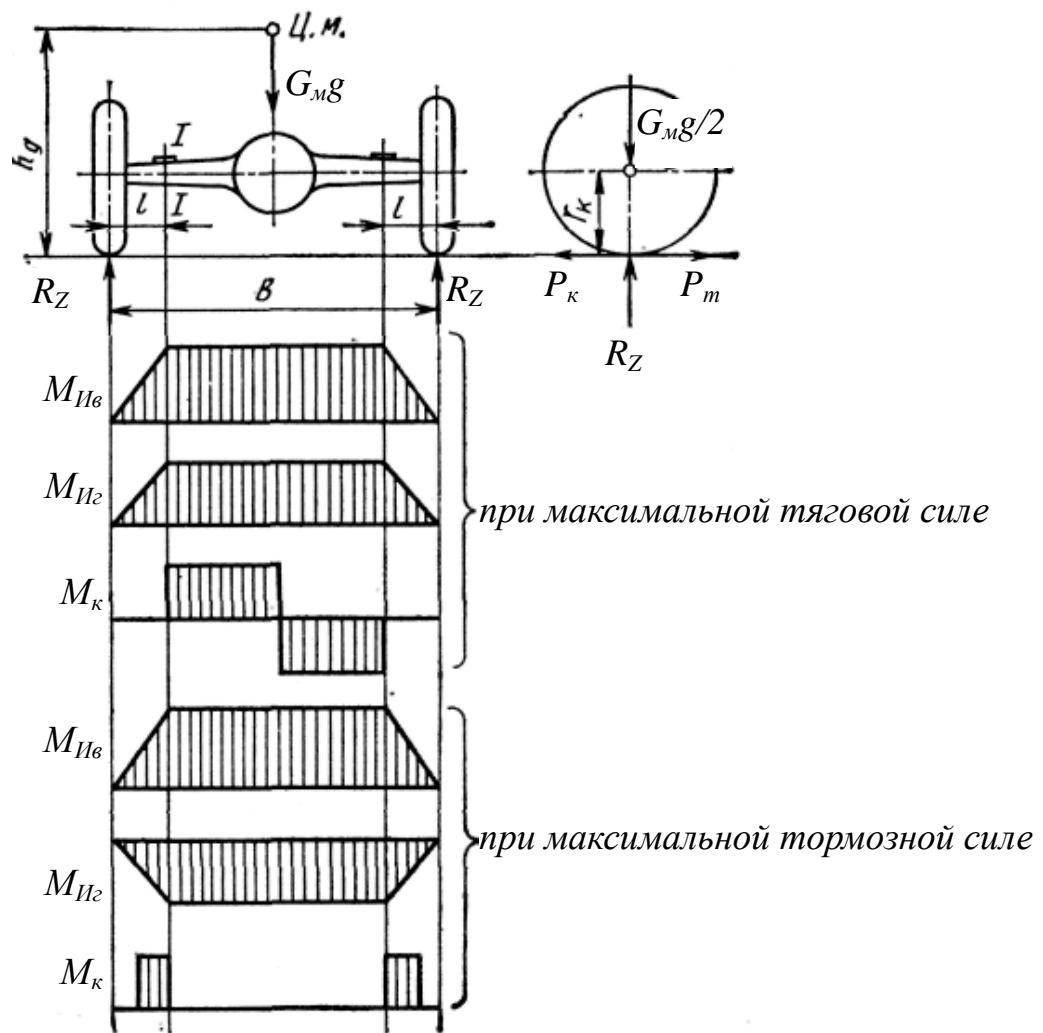
Напряжения действующие в балке ведущего моста рассчитывают для различных случаев нагружения (аналогично полуосям):

- движение по прямой (при максимальной силе тяги или тормозной силе);
- при заноса;
- при переезде препятствия.

Силы действующие на балку моста на различных режимах (см. лекция №9)

Режим №1 (движение по прямой (максимальная продольная сила)

нарисовать расчетную схему (без эюр) и расставить все силы действующие на балку



Определение моментов

В вертикальной плоскости на балку действуют изгибающие моменты от нормальных реакций R_Z приложенных в центре пятна контакта. Очевидно, что максимальных значений они достигнут в месте крепления рессор (сечение I-I). Тогда

$$M_{uB} = R_Z l,$$

где l – расстояние от центральной плоскости колеса до места крепления рессоры

В горизонтальной плоскости балка воспринимает изгибающие моменты тяговой или тормозной сил. По аналогии с вертикальной плоскостьюю

$$M_{uГ} = R_Z \varphi l$$

Помимо изгибающих моментов на балку действуют реактивный крутящий момент создаваемый силой тяги и реактивный тормозной момент (пояснить и показать на схеме).

$$M_{кр(тр)} = P_{к(т)} r_k$$

Реактивный крутящий момент действует на балку на участке от оси шестерни главной передачи до места крепления рессоры.

Реактивный тормозной момент действует на участке от фланца крепления суппорта тормозного механизма до места крепления рессоры

Определение напряжений

– **при круглом трубчатом сечении** все напряжения суммируются геометрическим способом. Для опасного сечения *I-I* (в месте крепления рессоры).

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_{uB}^2 + M_{u\Gamma}^2 + M_{kp(mp)}^2},$$

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{M_{\Sigma}}{W} \leq [\sigma_u].$$

– **при прямоугольном сечении** напряжения изгиба в вертикальной и горизонтальной плоскостях складываются и отдельно определяют напряжения кручению.

$$\sigma_u = \frac{M_{uB}}{W_B} + \frac{M_{u\Gamma}}{W_{\Gamma}} \leq [\sigma_u],$$

где W_B и W_{Γ} – соответственно моменты сопротивления сечения изгибу в вертикальной и горизонтальной плоскостях (см. В.И. Анурьев «Справочник конструктора машиностроителя»).

Напряжения кручения

$$\tau = \frac{M_{kp(mp)}}{W_{\kappa}} \leq [\tau],$$

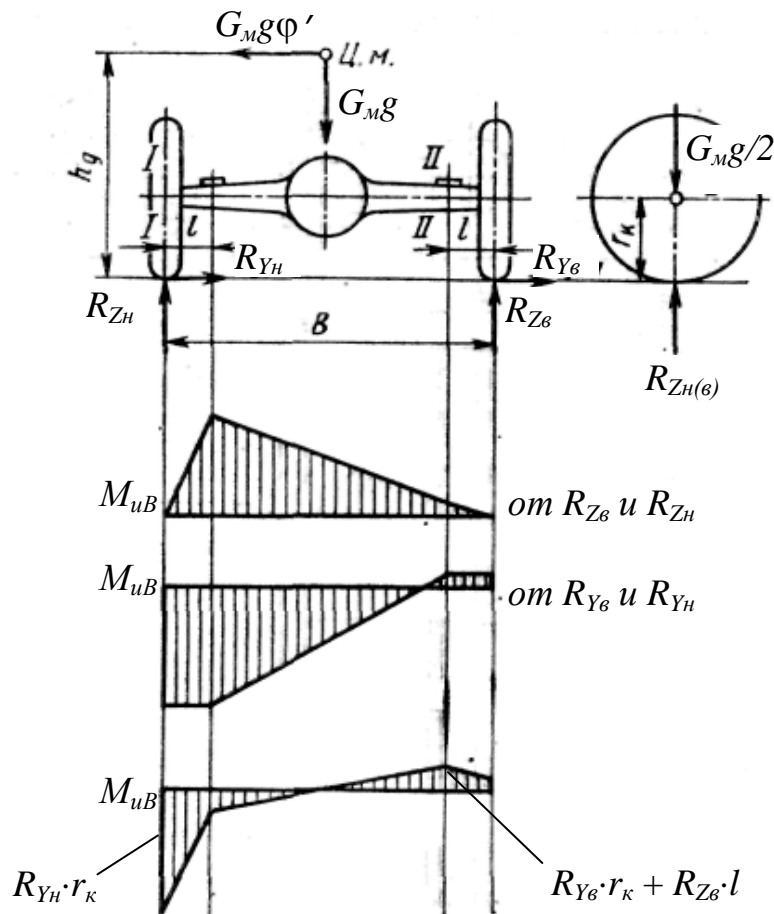
где момент сопротивления кручению. Для прямоугольного сечения с одинаковой толщиной стенок

$$W_{\kappa} = 2(h - \delta)(b - \delta)\delta,$$

где h и b – наружные размеры поперечного сечения.

Режим №2 (движение в заносе (максимальная боковая сила)

нарисовать расчетную схему (без эпюр) и расставить все силы действующие на балку



Очевидно, что при втором режиме нагружения на балку моста действуют изгибающие моменты лишь в вертикальной плоскости (продольные силы отсутствуют).

Для определения изгибающих моментов действующих на балку моста целесообразно рассмотреть отдельно моменты от нормальных и поперечных реакций, а затем их просуммировать *нарисовать эпюры изгибающих моментов*.

Из полученной эпюры видно:

– изгибающий момент на наружной (левой) стороне балки достигает максимального значения в сечении *I–I* (центральная плоскость колеса) и равен

$$M_{uBn} = R_{YH} r_k ;$$

– изгибающий момент на внутренней (правой) стороне балки достигает максимального значения в сечении *II–II* (место крепления рессоры) и равен

$$M_{uB6} = R_{YB} r_k + R_{ZB} l .$$

Напряжения

$$\sigma_u = \frac{M_{uB6(n)}}{W_u} \leq [\sigma_u] .$$

Режим №3 (динамическое преодоление препятствия (максимальная нормальная сила))

При переезде препятствия предполагают, что продольные и поперечные силы отсутствуют, а вертикальные реакции достигают максимального значения. (см. лекцию №9).

Эпюра изгибающих моментов в вертикальной плоскости M_{uB} соответствует первому

случаю нагружения и напряжение изгиба в месте крепления рессоры равны

$$\sigma_u = \frac{M_{uB}}{W_B} \leq [\sigma_u].$$

МАТЕРИАЛЫ И ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Деталь	Марка материала, твердость сердцевины
Сварная штампованная балка: средняя часть	Листовая сталь 10, 17ГС; листовая сталь 40, <i>HV</i> 187—229
цапфа	Сталь 35, 40, <i>HV</i> 269—321
Литая балка	Сталь 30Л, 40Л, модифицированный ковкий чугун КЧ 35-10, КЧ 37-12

Полученные напряжения не должны превышать:

- для литых балок $[\sigma_u] = 300 \dots 400 \text{ МПа}$, $[\tau] = 150 \dots 250 \text{ МПа}$;
- для сварных штампованных балок $[\sigma_u] = 400 \dots 550 \text{ МПа}$, $[\tau] = 300 \dots 400 \text{ МПа}$.

Прогибы балки

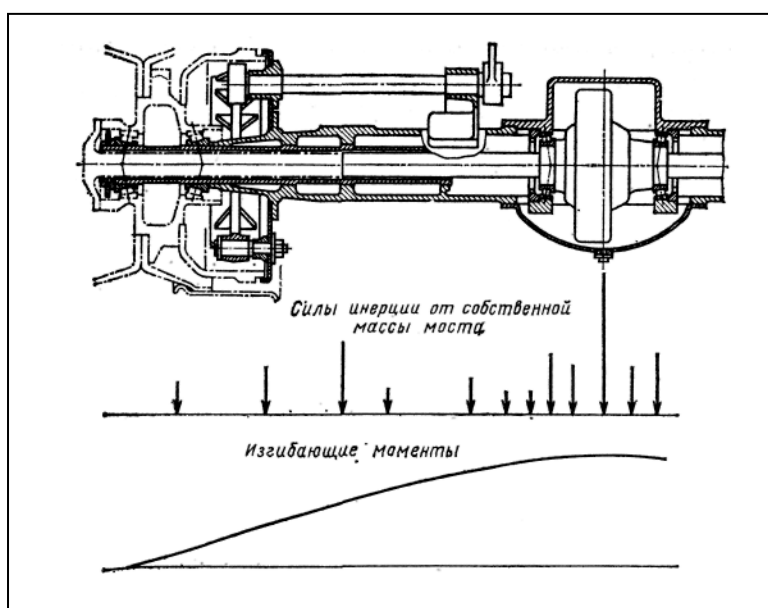
Для определения прогибов балки ведущего моста существует множество различных методов и подходов. Это связано с трудностями расчета балок переменного сечения и формы. Одни методы направлены на упрощение расчетов (точность их не велика). Другие рассматривают балку состоящую из отдельных частей с условно одинаковым сечением и рассматривают их. Наиболее точным является метод конечных элементов, который при использовании современных вычислительных систем просто реализовать.

РАСЧЕТ БАЛОК С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

При движении автомобиля по неровной дороге вертикальное ускорение моста может достигать значения $10g$ и превышать статическую нагрузку от силы тяжести подпрессоренной части, поэтому литые балки ведущих мостов грузовых автомобилей, имеющие относительно большую массу, должны быть проверены с учетом сил инерции от собственной массы моста. Для этого балку (нарисовать пример балки) разделяют вертикальными плоскостями на отдельные участки и рассчитывают массу этих участков. Далее рассчитывают массы узлов и деталей, укрепленных на балке (кроме тех частей, сила тяжести которых непосредственно воспринимается колесами) и доли этих масс, приходящихся на каждую из тех точек, где они присоединяются к балке.

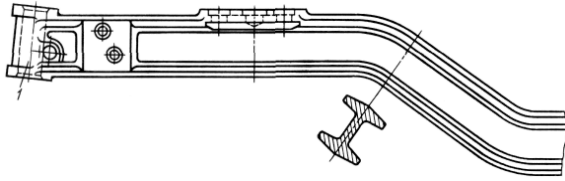
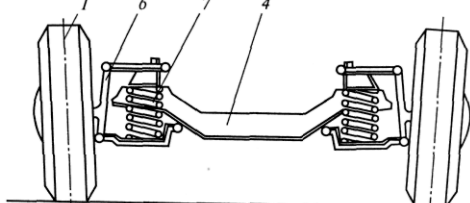
Затем, задаваясь определенным значением ускорения определяют силы инерции P_j и, строят эпюру изгибающих моментов M_j .

Значения момента M_j должны быть прибавлены к значениям момента $M_{ив}$ при расчете напряжений, соответствующих первому случаю нагружения.



УПРАВЛЯЕМЫЕ МОСТЫ

Поперечная балка с ведомыми управляемыми колесами, к которым не подводится крутящий момент от двигателя, называется управляемым мостом.

<p>НЕРАЗРЕЗНЫЕ</p> <p>В неразрезных мостах управляемые колеса непосредственно связаны с балкой моста. Применяются на грузовых автомобилях и автобусах при зависимой подвеске колес.</p>	
<p>РАЗРЕЗНЫЕ</p> <p>В разрезных мостах связь управляемых колес с балкой моста осуществляется через подвеску. Устанавливаются на легковых автомобилях и автобусах при независимой подвеске колес.</p>	

Требования к управляемым мостам:

- обеспечивать стабилизацию управляемых колес (углы установки колес);
- обеспечивать необходимые углы поворота кулаков;
- обеспечивать пониженное расположение двигателя (уменьшить высоту центра массы).

Конструкция управляемого моста

В интерактивной форме нарисовать схему простейшей балки и пояснить следующие особенности: балка представляет собой поковку двутаврового сечения, на концах расположены бобышки с отверстием для шкворня; средняя часть балки опущена относительно концов; на ней расположены площадки для крепления рессор; сечение балки переменное – двутавровое в средней части и прямоугольное на краях; нижний торец бобышки балки опирается на поворотный кулак через опорный подшипник (стальное опорное кольцо и шайба из графитизированной бронзы), или через упорный шариковый или роликовый конический подшипник; оси шкворней наклонены в поперечной и продольной плоскостях (обеспечения стабилизации управляемых колес); колеса установлены с углами развала и схождения (для уменьшения сопротивления качению и износа шин которое может возникнуть вследствие деформации балки и компенсации зазоров в рулевом приводе).

Определение размеров основных деталей управляемого моста

Разобраться почему балка имеет именно двутавровое сечение (сравнить с трубой, уголком и швеллером). Двутавровое сечение балки обеспечивает ей большую жесткость и прочность **в вертикальной плоскости** при минимальной массе.

Нарисовать схему двутавровой балки и + рекомендуемые соотношения размеров.

При соблюдении соотношений моменты сопротивления балки:

- в вертикальной плоскости $W_B = 20a^3$;
- в горизонтальной $W_T = 5,5a^3$.

Предварительно размеры поперечного сечения в месте крепления рессоры можно определить по моменту сопротивления изгибу, определенному по эмпирической формуле

$$W = \frac{G_m l}{2200} \text{ см}^3,$$

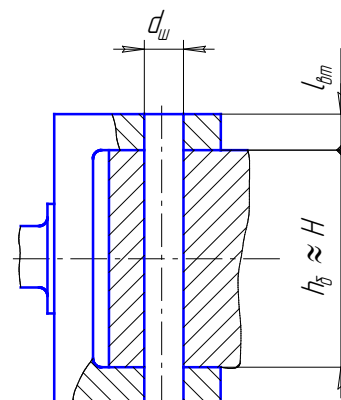
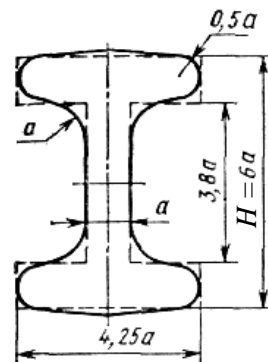
где G_m – масса поддрессоренной части автомобиля, приходящаяся на мост, кг;

l – расстояние от центральной плоскости колеса до середины опорной площадки рессоры, см.

Зная момент сопротивления изгибу можно найти размеры сечения.

Другие размеры балки:

- высота концевой бобышки балки принимают примерно равной высоте поперечного сечения балки, т.е. $h_6 \approx H$;
- диаметр шкворня $d_{ш} = 0,35 \dots 0,45 h_6$;
- длина втулок поворотного кулака $l_{вт} = 1,25 \dots 1,50 d_{ш}$.



РАСЧЕТ БАЛКИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА

Проанализировать рассмотренные ранее режимы нагружения и определится с режимами нагружения для управляемого моста.

Режимы нагружения управляемого моста:

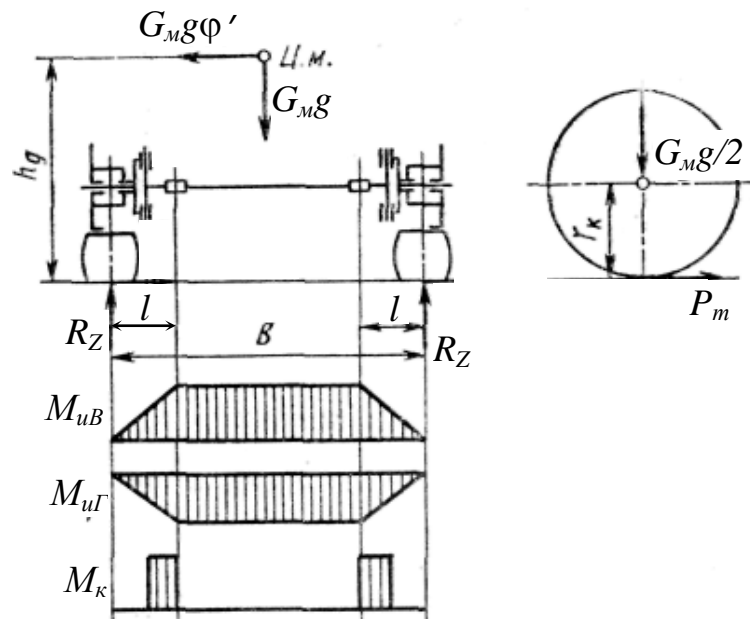
- торможение (характеризуется максимальной продольной (тормозной) силой);
- занос (характеризуется максимальной боковой силой);
- динамическое преодоление препятствий.

Режим №1 – балка при торможении

Нарисовать расчетную схему балки и расставить силы действующие при этом режиме нагружения

При торможении на балку действует:

- вертикальная реакция R_z (приложенная в центральной плоскости колеса), определяется с учетом перераспределения нагрузки между осями (см. лекция № 9)
- тормозная сила на колесе P_m , определяется из условия сцепления колес с дорогой (см. лекция № 9).



Изгибающие и крутящие моменты определяются аналогично ведущему мосту:

В вертикальной плоскости на балку действуют изгибающие моменты от нормальных реакций R_Z приложенных в центре пятна контакта. Очевидно, что максимальных значений они достигнут в месте крепления рессор (сечение $I-I$). Тогда

$$M_{uB} = R_Z l ,$$

где l – расстояние от центральной плоскости колеса до места крепления рессоры

В горизонтальной плоскости балка воспринимает изгибающие моменты от тормозной силы максимальное значение которого

$$M_{u\Gamma} = P_m l = R_Z \phi l .$$

Помимо изгибающих моментов на балку действуют реактивный тормозной момент действующий на участке от фланца крепления суппорта тормозного механизма до места крепления рессоры (или реактивных тяг)

$$M_{mp} = P_m r_\kappa = R_Z \phi r_\kappa .$$

Напряжения:

– изгибные (аналогично ведущим мостам)

$$\sigma_u = \frac{M_{uB}}{W_B} + \frac{M_{u\Gamma}}{W_\Gamma} \leq [\sigma_u] ,$$

где W_B и W_Γ – соответственно моменты сопротивления сечения изгибу в вертикальной и горизонтальной плоскостях (см. В.И. Ануриев «Справочник конструктора машиностроителя»).

– кручения (от реактивного тормозного момента)

$$\tau = \frac{M_{mp}}{J_\kappa} \leq [\tau] ,$$

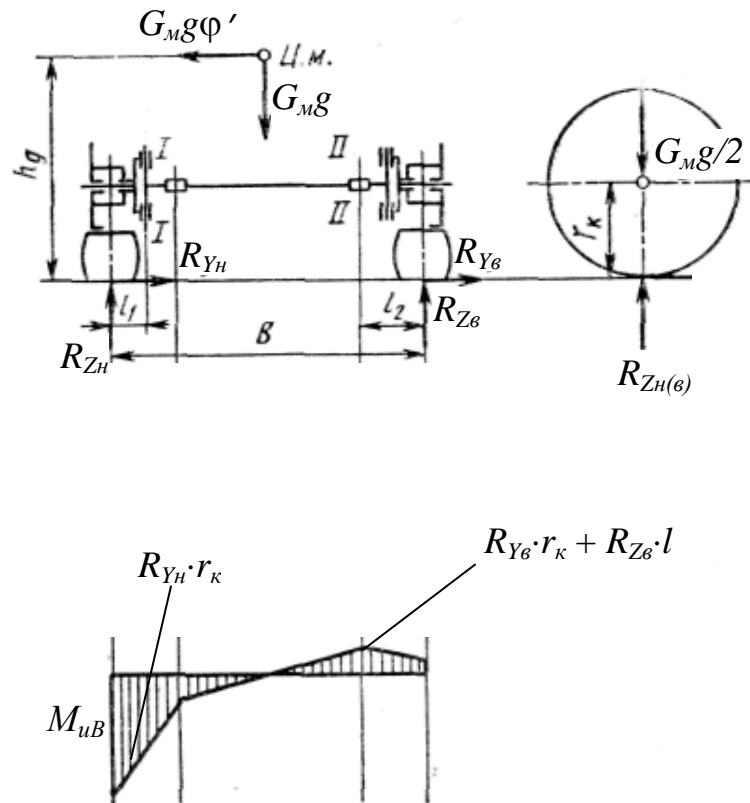
где δ_{\max} – наибольшая толщина сечения балки;

J_κ – момент инерции при кручении $J_\kappa = 0,4 \Sigma h b^3$;

b и h соответственно короткая и длинная стороны прямоугольников, на которые можно разбить сечение (пояснить).

Режим № 2 – балка при заносе

Нарисовать расчетную схему балки и расставить силы действующие при этом режиме нагружения



Силы действующие на балку моста определяются аналогично расчетам ведущего моста.

Моменты (отличие от расчетов ведущего моста заключается в положении опасных сечений):

– изгибающий момент на наружной (левой) стороне балки достигает максимального значения в сечении I–I (ось отверстия для шкворня) и равен

$$M_{uBн} = R_{ZH}l_1 - R_{YH}r_k;$$

– изгибающий момент на внутренней (правой) стороне балки достигает максимального значения в сечении II–II (место крепления рессоры) и равен

$$M_{uBв} = R_{Z6}l_2 + R_{Y6}r_k.$$

Напряжения в балке моста определяются аналогично расчетам ведущего моста:

$$\sigma_u = \frac{M_{uBв(н)}}{W_{B-I(II-II)}} \leq [\sigma_u].$$

!!! При определении моментов сопротивления площадку крепления рессоры не принимают во внимание.

Режим №3 – динамическое преодоление препятствий (см. расчет полуосей и ведущих мостов)

Моменты: $M_{u\max} = R_{Z\Delta} l$

Напряжения: $\sigma_u = \frac{M_{u\max}}{W} \leq [\sigma_u]$.

Материалы балки управляемого моста: стали 45, 30X, 40X.

Напряжения: $[\sigma_u] = 300 \text{ МПа}$, $[\tau] = 150 \text{ МПа}$.

РАСЧЕТ ПОВОРОТНОГО КУЛАКА

Нарисовать схему и определить опасное сечение.

Опасным сечением поворотного кулака является сечение III-III у галтели цапфы диаметром $d_{ц}$.

В этом сечении, на всех режимах цапфа испытывает только изгибающие напряжения. Это связано с тем что, при торможении (режим № 1), реактивный момент прикладывается на фланце крепления опорного диска или суппорта тормозного механизма (т.е. к балке!!!).

Режим № 1

– изгибающие моменты (аналогично расчетам балок):

$$M_{uB} = R_Z c, \quad M_{u\Gamma} = P_m c = R_Z \varphi c,$$

где c – расстояние от центральной плоскости колеса до опасного сечения;

– напряжения

$$\sigma_u = \frac{\sqrt{M_{uB}^2 + M_{u\Gamma}^2}}{W} = \frac{\sqrt{M_{uB}^2 + M_{u\Gamma}^2}}{0,1 d_y^3} \leq [\sigma_u].$$

Режим № 2

– изгибающие моменты (аналогично расчетам балок):

$$M_{uBn} = R_{Zn} c - R_{Yn} r_k, \quad M_{uB\theta} = R_{Z\theta} c + R_{Y\theta} r_k,$$

– напряжения

$$\sigma_u = \frac{M_{u\max}}{W} = \frac{M_{u\max}}{0,1 d_y^3} \leq [\sigma_u].$$

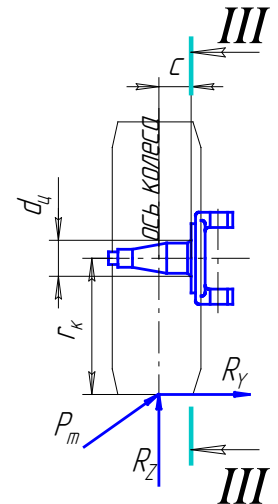
Режим № 3

– напряжения

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{R_{Z\Delta} c}{0,1 d^3} \leq [\sigma_u].$$

Материалы поворотного кулака: стали 30X, 40X и др.

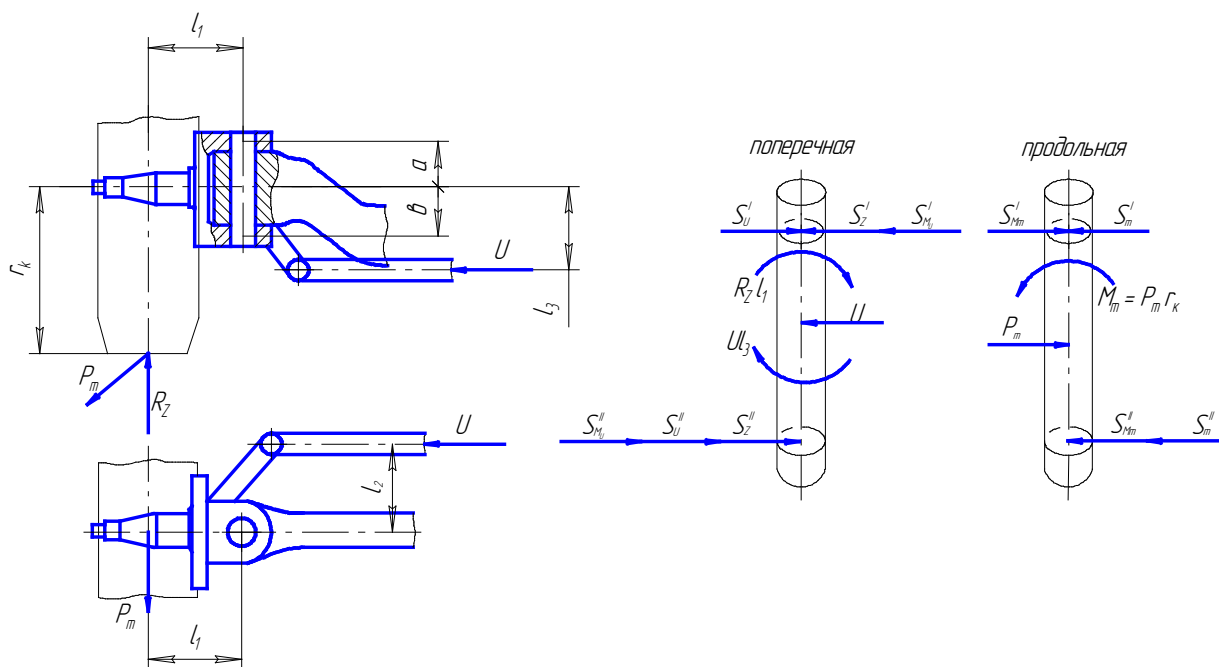
Напряжения: $[\sigma_u] = 550 \text{ МПа}$.



РАСЧЕТ ШКВОРНЯ

Нарисовать схему поворотного кулака без проставления сил. Остановиться на особенностях работы шкворня и пояснить расположения сил действующих на него:

- на всех режимах нагружения шкворень действуют силы расположенные в продольной и поперечной плоскостях и направленные перпендикулярно к оси шкворня
- силы приложены в середине втулок поворотного кулака.



Задача расчета в основном сводится к определению сил действующих на шкворень.
!!! При их определении пренебрегают углами установки колеса и наклона шкворня.

Режим № 1 – торможение

1. **Вертикальная реакция** опорной поверхности создает момент равный $R_z l_1$. Его уравновешивает момент пары сил S_z приложенных к середине втулок шкворня (показать на схеме) $R_z l_1 = S_z^I (a + b)$, откуда силы действующие на шкворень:

$$S_z^I = \frac{R_z l_1}{a + b} \text{ и } S_z^{II} = \frac{R_z l_1}{a + b}.$$

2. **Реактивный тормозной момент** уравновешивается моментом пары сил S_{M_m} , действующих в продольной плоскости:

$$S_{M_m}^I = \frac{P_m r_k}{a + b} \text{ и } S_{M_m}^{II} = \frac{P_m r_k}{a + b}.$$

3. **Реактивная тормозная сила** P_m уравновешивается силами, действующими в серединах соответственно верхней и нижней втулок:

$$S_m^I = \frac{P_m a}{a + b} \text{ и } S_m^{II} = \frac{P_m b}{a + b}.$$

4. **Реактивная тормозная сила** P_m действующая на плече l_2 создает в тяге рулевой трапеции усилие U , которому противодействует такое же усилие, создаваемое на поворотном кулаке противоположного колеса.

Сила в тяге рулевой трапеции при движении автомобиля по прямой $U = \frac{P_m l_1}{l_2}$ (она будет сжимающие при заднем расположении рулевой трапеции и растягивающие при переднем расположении)

В поперечной плоскости сила U действует ниже оси цапфы на расстоянии l_3 . Таким образом образуется момент уравниваемый моментом пары сил:

$$S_{M_U}^I = \frac{Ul_3}{a+b} \text{ и } S_{M_U}^{II} = \frac{Ul_3}{a+b}.$$

Усилие U уравнивается силами, действующими в серединах соответственно верхней и нижней втулке:

$$S_U^I = \frac{Ua}{a+b} \text{ и } S_U^{II} = \frac{Ub}{a+b}.$$

Результирующие усилия

– на верхней втулке

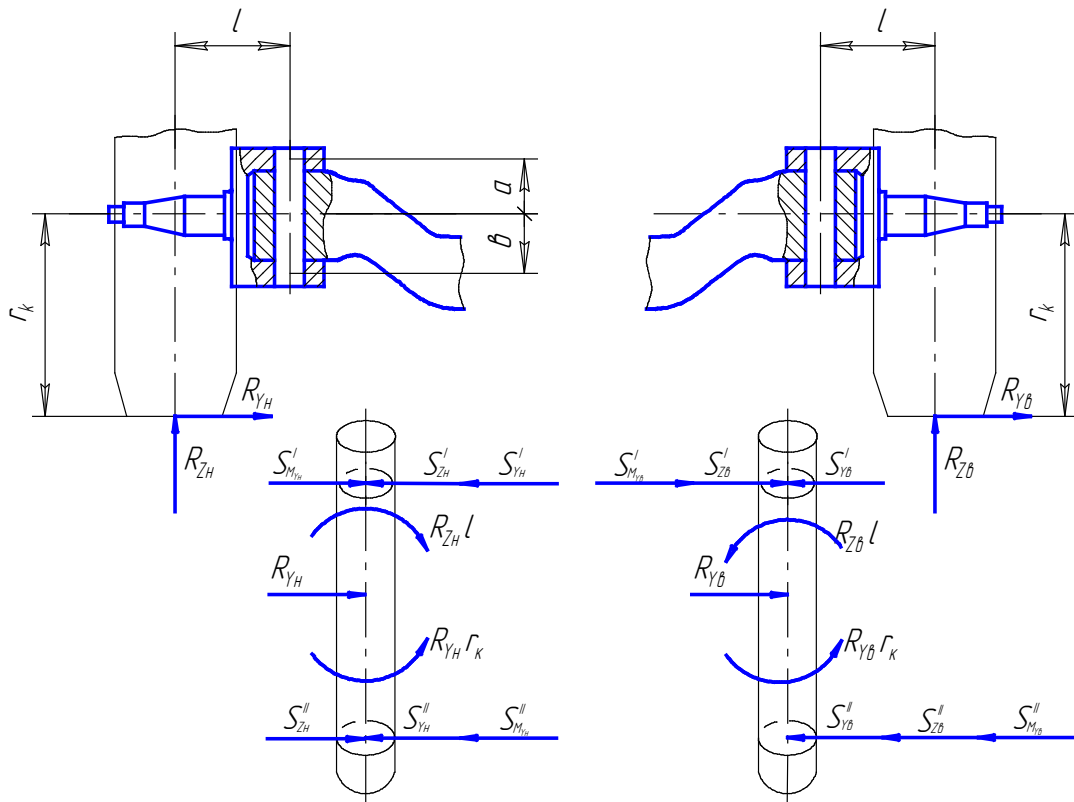
$$S^I = \sqrt{(S_Z^I + S_{M_U}^I - S_U^I)^2 + (S_{M_m}^I - S_m^I)^2}$$

– на нижней втулке

$$S^{II} = \sqrt{(S_Z^{II} + S_{M_U}^{II} + S_U^{II})^2 + (S_{M_m}^{II} + S_m^{II})^2}$$

Режим № 2 – занос

При заносе все силы и моменты действуют только в поперечной плоскости.



1. Силы от **вертикальных реакций** $R_{ZH(в)}$

$$S_{ZH(е)}^I = \frac{R_{ZH(е)}l}{a+b} \text{ и } S_{ZH(е)}^{II} = \frac{R_{ZH(е)}l}{a+b}.$$

2. Силы от **поперечных реакций** $R_{YH(в)}$

$$S_{YH(е)}^I = \frac{R_{YH(е)}b}{a+b} \text{ и } S_{YH(е)}^{II} = \frac{R_{YH(е)}a}{a+b}.$$

3. Силы от **момента** $M_{ZH(в)} = R_{ZH(в)}l$

$$S_{M_{ZH(е)}}^I = \frac{R_{ZH(е)}l}{a+b} \text{ и } S_{M_{ZH(е)}}^{II} = \frac{R_{ZH(е)}l}{a+b}.$$

4. Силы от **момента** $M_{YH(в)} = R_{YH(в)}r_k$

$$S_{M_{YH(е)}}^I = \frac{R_{YH(е)}r_k}{a+b} \text{ и } S_{M_{YH(е)}}^{II} = \frac{R_{YH(е)}r_k}{a+b}.$$

Результирующие усилия

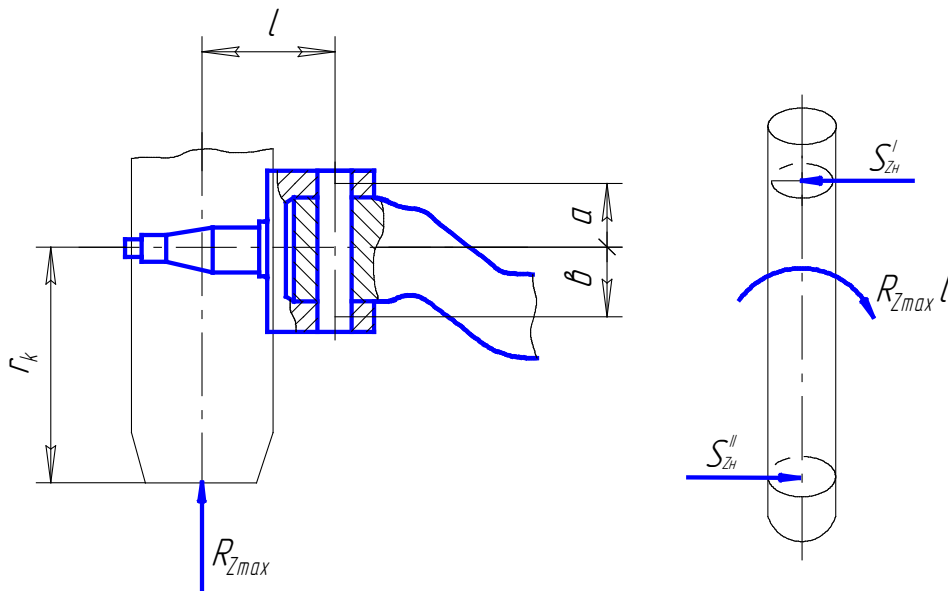
– на верхних втулках

$$S_H^I = S_{M_{YH}}^I - S_{ZH}^I - S_{YH}^I \text{ и } S_е^I = S_{M_{Yе}}^I + S_{Zе}^I - S_{Yе}^I$$

– на нижней втулке

$$S_H^{II} = S_{ZH}^{II} - S_{M_{YH}}^{II} - S_{YH}^{II} \text{ и } S_е^{II} = S_{M_{Yе}}^{II} + S_{Zе}^{II} + S_{Yе}^{II}$$

Режим № 3 – динамическое преодоление препятствий



Силы от вертикальных реакций R_{Zmax}

$$S_{Zmax}^I = \frac{R_{Zmax}l}{a+b} \text{ и } S_{Zmax}^{II} = \frac{R_{Zmax}l}{a+b}.$$

В результате расчетов получены 7 значений усилий действующих на шкворень при различных режимах нагружения:

- режим №1 – S^I и S^{II} ;
- режим №2 – S_n^I , S_n^{II} , S_e^I и S_e^{II} ;
- режим №3 – $S_{Z\max}^I$ и $S_{Z\max}^{II}$;

из них выбирается большее S_{\max} и определяют напряжения:

- изгиба

$$\sigma_u = \frac{S_{\max} h}{W} = \frac{S_{\max} h}{0,1 d_u^2} \leq [\sigma_u],$$

где h – плечо изгиба шкворня;

- среза

$$\tau_{cp} = \frac{4 S_{\max}}{\pi d_u^2} \leq [\tau_{cp}].$$

Материалы шкворня:

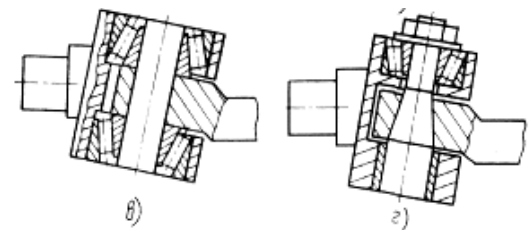
- стали 45, 50 + закалка ТВЧ на глубину 1,5...2,0 мм до твердости HRC 57...65;
- цементуемые стали 20X, 40XH, 18XГТ + цементация на глубину 1,0...1,5 мм до твердости HRC 56...62.

Напряжения не должны превышать $[\sigma_u] = 500 \text{ МПа}$, а $[\tau_{cp}] = 100 \text{ МПа}$.

В настоящее время на управляемых мостах применяются:

- цилиндрические шкворни;
- конические шкворни.

И те, и другие шкворни могут устанавливаться на конических радиально упорных подшипниках. В связи с этим при расчете шкворня необходимо учитывать как форму, так и размещение точек приложения опорных реакций (*пояснить на схеме*)



Схемы шкворневых узлов:

б) УАЗ, ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, КрАЗ, УрАЗ, МАЗ (4×4, 6×6)

з) Volvo (4×2, 6×4)

РАСЧЕТ ОПОР ПОВОРОТНОГО КУЛАКА (ЦАПФЫ)

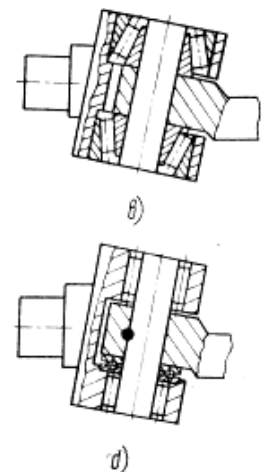
Между шкворнями и поворотными цапфами устанавливают:

- подшипники скольжения (выполненные в виде втулок) изготовленные из:

- оловянистой бронзы;
- фосфористой бронзы;
- стальных лент с антифрикционным слоем оловянистой бронзы (североамериканские автомобили, в частности Dodge);
- металлокерамические втулки, которые разрешают увеличить периодичность смазывания

- конические подшипники (на автомобилях 4×4 и 6×6)
- игольчатые подшипники (Magirus-Doytz).

Момент трения в шкворневых узлах управляемых колес автомобиля ока-



зывает большое влияние на «легкость» управления, точность маневрирования и **устойчивость к автоколебаниям**. Его величина зависит от конструкции подшипников шкворневых узлов: подшипники скольжения (втулки, пята) или подшипники качения (игольчатые, упорные, конические). При этом коэффициент трения у подшипников качения составляет 0,002...0,004, а у пары «сталь – бронза» – 0,1. Соответственно момент трения у них тоже 25...50 раз меньший.

Минимальный момент благоприятно скажется в первую очередь на стабилизации колес. Однако при этом высокая вероятность совпадения частоты собственных колебаний управляемого колеса с частотой действия сил дисбаланса, что повлечет возникновение автоколебаний колеса.

В связи с этим конструктивные параметры шкворневых узлов должны выбираться такими, чтобы они обеспечивали устойчивое, без автоколебаний, движение и высокую стабилизацию управляемых колес и «легкость» управления автомобилем.

Т.о. на автомобилях повышенной проходимости (работают при малых скоростях и частом маневрировании) целесообразно устанавливать подшипники качения, а на автомобилях общего назначения – подшипники скольжения.

Расчет втулок поворотного кулака

Втулки поворотного кулака испытывают действие сил действующих на шкворень.

Аналогично, из 7 значений сил действующих на шкворень при различных режимах нагружения: S^I , S^{II} , S_n^I , S_n^{II} , S_e^I , S_e^{II} , $S_{Z\max}^I$, $S_{Z\max}^{II}$ выбирается максимальная сила – S_{\max} и по ней определяют напряжения смятия.

Напряжение смятия втулок

$$\sigma_{см} = \frac{S_{\max}}{l_{см} \cdot d_{ш}} \leq [\sigma_{см}]$$

Материалы втулок: стали 45, 50 + закалка ТВЧ на глубину 1,5...2,0 мм до твердости HRC 57...65.

Напряжения не должны превышать $[\sigma_{см}] = 50 \text{ МПа}$.

РАСЧЕТ ОПОРНОГО ПОДШИПНИКА

Расчет конических подшипников заключается в определении эквивалентной статической нагрузки в соответствии с ГОСТ 18854-94 «Подшипники качения. Методы расчета статической грузоподъемности и эквивалентной статической нагрузки».

Расчетный режим №1:

- скорость $V_a = 40 \text{ км/ч}$;
- радиус траектории $R = 50 \text{ м}$.

Расчетный режим №2:

- скорость $V_a = 20 \text{ км/ч}$;
- радиус траектории $R = 12 \text{ м}$.

Вертикальная реакция в точке контакта колеса с опорной поверхностью для наиболее нагруженного наружного по отношению к центру поворота колеса

$$R_z = \frac{G_m g}{2} \left(1 + \frac{2h_g}{B} \cdot \underbrace{\frac{V_a^2}{Rg}}_{\substack{\text{для обоих} \\ \text{режимов} \\ = 0.25}} \right),$$

где G_m – масса, приходящаяся на мост;

h_g – высота центра тяжести;

B – колея.

Зная опорную реакцию и принимая, что на поворотный кулак действует усилие равное вертикальной реакции, определяются осевые и радиальные силы, действующие на подшипник:

– радиальная сила равна силам S_n^I и S_n^{II} , действующим соответственно на верхний и нижний подшипник (см. расчет шкворня по режиму №2):

$$F_r^I = S_n^I \text{ и } F_r^{II} = S_n^{II};$$

– осевая сила (с учетом допущений):

$$F_a = \frac{R_z}{2}.$$

!!! В связи с относительно небольшим угловым перемещением и опасностью поверхностного разрушения колец подшипник выбирают **по статической грузоподъемности**.

Далее определяется эквивалентная статическая нагрузка

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a,$$

где X_0 и Y_0 – соответственно коэффициент статической радиальной и статической осевой нагрузки.

Затем подбирается подшипник с учетом соблюдения равенства:

$$P_0 = (0,5 \dots 0,33) C_0.$$

Расчет опорных подшипников

За расчетный режим для опорной шайбы принимают статическую нагрузку при полной массе автомобиля

$$F_a = \frac{G_m g}{2}.$$

Напряжение смятия

$$\sigma_{см} = \frac{4F_a}{\pi(D^2 - d^2)}$$

где D и d – соответственно наружный и внутренний диаметры шайбы.

Материалы: оловянистые и фосфористые бронзы.

Напряжения $[\sigma_{см}] \leq 30 \text{ МПа}$.

РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННЫХ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ МОСТОВ

выполняется по соответствующим зависимостям для ведущего и управляемого мостов.