

Трехопорная с хвостовой опорой. Основная нагрузка приходится на две главные стойки, расположенные впереди центра тяжести самолета. В связи с недостаточной путевой устойчивостью и возможностью капотирования самолета в настоящее время применяется лишь на легких и спортивных самолетах.



Трехопорная с передним расположением третьей опоры. Основная нагрузка (80...85%) приходится на главные стойки, расположенные позади центра тяжести самолета. Эта схема используется для большинства самолетов (Ту-204, Ил-96, А-320)



Велосипедная имеет две основные фюзеляжные стойки, воспринимающие всю нагрузку, и две подкрыльные, поддерживающие самолет на стоянке и при рулении. Нагрузка между стойками распределяется или в основном на заднюю (до 80%), или почти равномерно (40% - на переднюю и 60% - на заднюю)



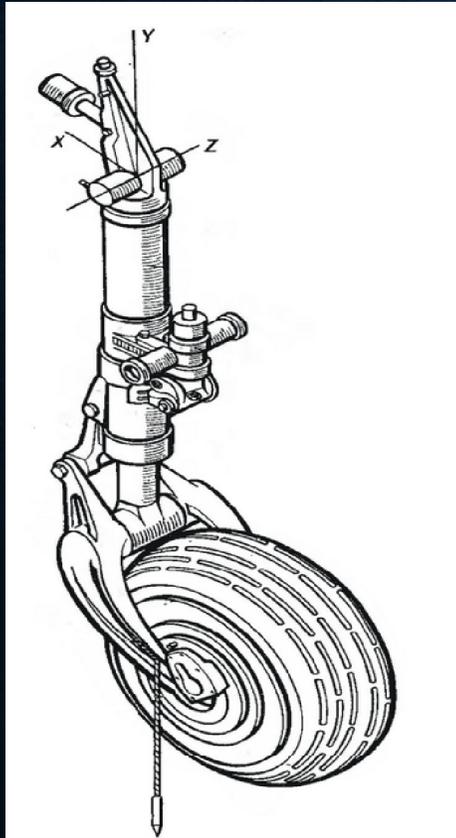
Многоопорная схема. Большую часть нагрузки здесь воспринимают основные стойки, количество которых больше двух и может быть четным и нечетным. Такой тип шасси используют на тяжелых самолетах (Ан-124, Ил-86, Boeing-747)



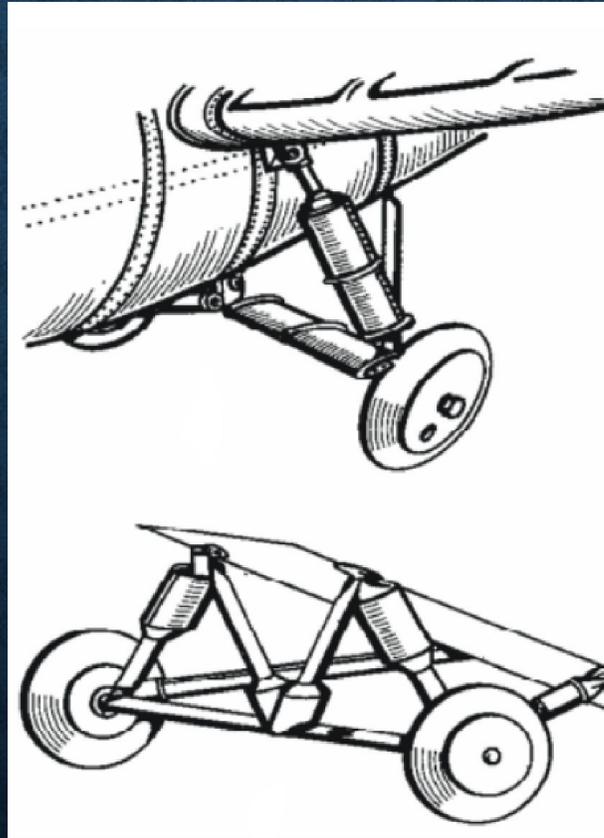
Конструктивно – силовые схемы стоек шасси

По способу восприятия и передачи нагрузок стойки обычно разделяют на:

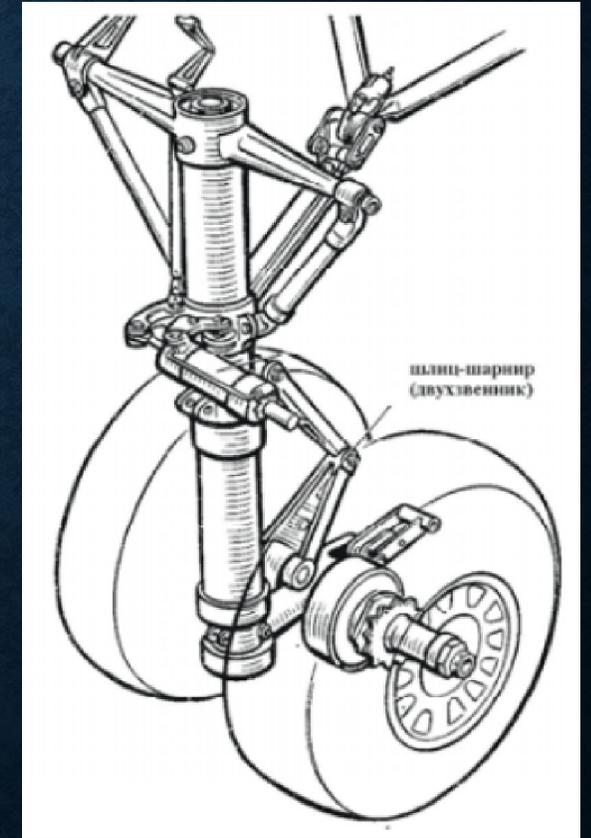
Балочные



Ферменные



Ферменно-балочные



Опора **ферменной** конструкции может быть выполнена легкой, т.к. ее силовые элементы, стержни работают на растяжение. Однако ферменные стойки из-за трудностей их уборки и большого лобового сопротивления применяются сравнительно редко. Типовой конструкцией такой схемы является пирамидальные шасси, обычно используемое на вертолетах и тихоходных самолетах, где оно в полете не убирается (По-2, Ка-26, Ан-2)



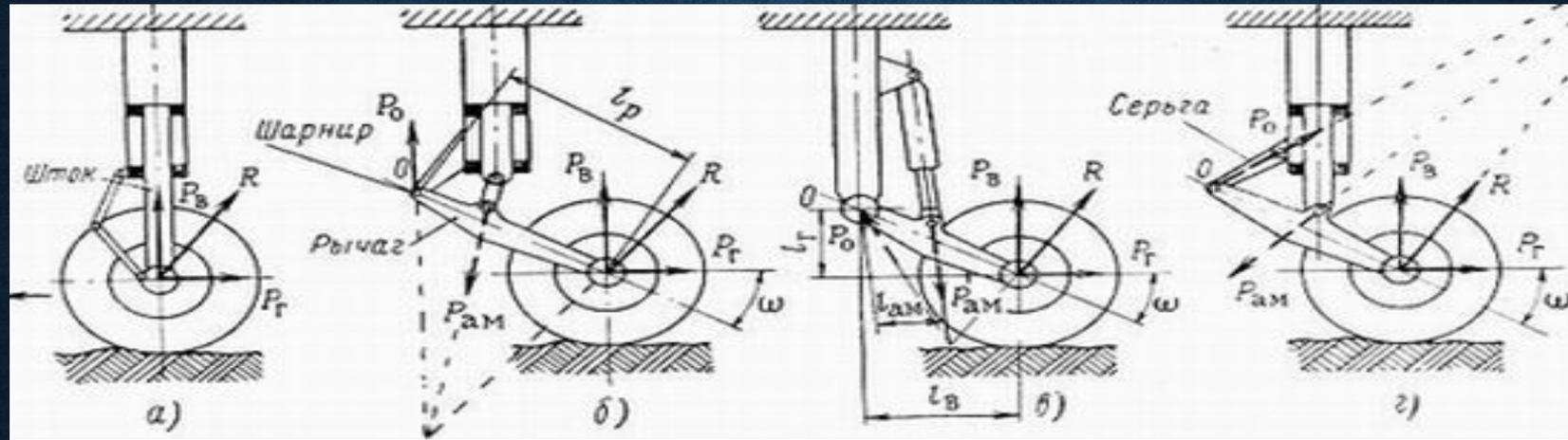
Балочная конструкция упрощает уборку ноги шасси благодаря отсутствию подкосов. Вместе с тем отсутствие дополнительных опор стойки увеличивает ее массу, так как стойка работает на: сжатие, изгиб в двух плоскостях и кручение. Кроме того, длинная стойка балочного шасси без подкоса может оказаться недостаточно жесткой в продольном и боковом направлениях, что будет способствовать возникновению различных колебаний (в частности, шимми). (Як-18)



Ферменно-балочное шасси состоит из одной (одностоечное) или двух (двухстоечное) консольных балок, подкрепленных подкосами. Установка подкосов разгружает стойку от изгибающих моментов, боковой подкос - от момента, создаваемого боковой силой, а передний или задний - от действия момента силы, направленной вдоль оси самолета. На самолете она обычно крепится при помощи траверсы, выполненной в виде балки, жестко заделанной на стойке (Пе-2, ИЛ-18, Ту-144)



В зависимости от расположения амортизатора относительно силового элемента опоры - стойки, различают телескопическую (а), рычажную (б и в) и полурычажную (г) схемы стоек.



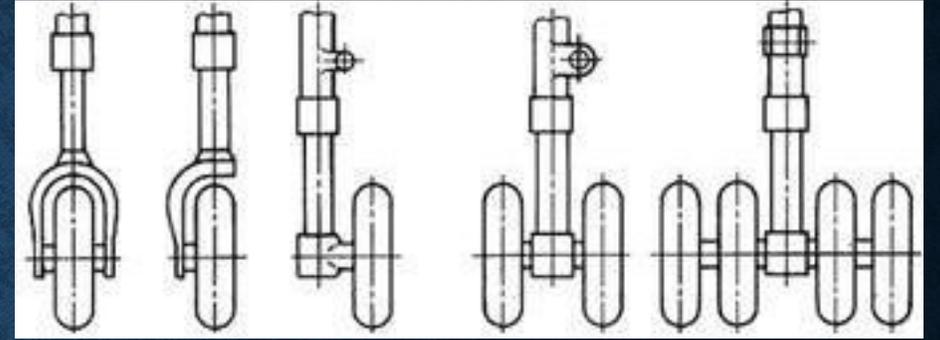
Телескопическая схема имеет недостатки, среди которых можно назвать отсутствие боковых амортизационных нагрузок и нагрузок от переднего удара. Частично передний удар амортизируется за счет наклона стойки шасси в плоскости, параллельной симметрии корпуса. Более эффективной считается качающийся вариант телескопических стоек. В этом варианте стойка фиксируется сверху. Жесткость выпущенного положения обеспечивается за счет

Рычажная схема стойки характерна тем, что колеса в этом случае закрепляются на рычаге, который шарнирно крепится к стойке или фюзеляжу. Шток амортизатора соединяется с рычагом пространственным шарниром, что полностью исключает передачу на амортизатор изгибающих моментов и обеспечивает идеальные условия для работы уплотнения и букс амортизатора.

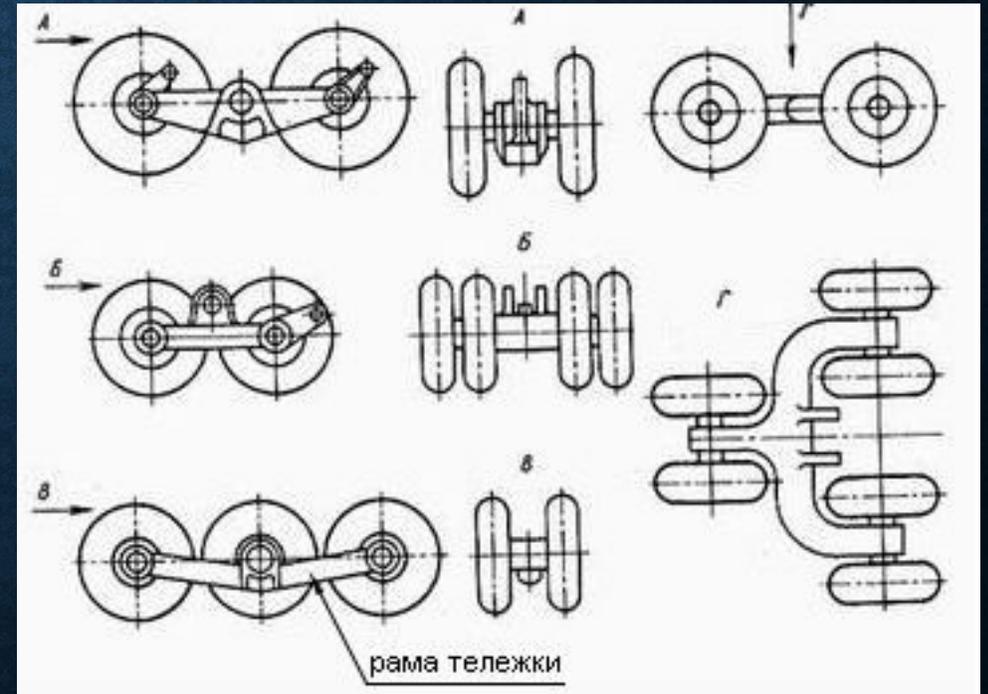
Полурычажная схема представляет собой комбинацию телескопической и рычажной стоек. В этой схеме рычаг с колесами шарнирно подвешивается не к стойке, а к штоку амортизатора, и между рычагом и стойкой спереди с помощью двух шарниров устанавливается дополнительное звено - серьга, обеспечивающая обжатие амортизатора при нагружении колес. Амортизатор включается в работу и при вертикальной нагрузке, и при переднем ударе в колеса, однако сама сила переднего удара передается на шток и вызывает его изгиб.

Схема крепления колес

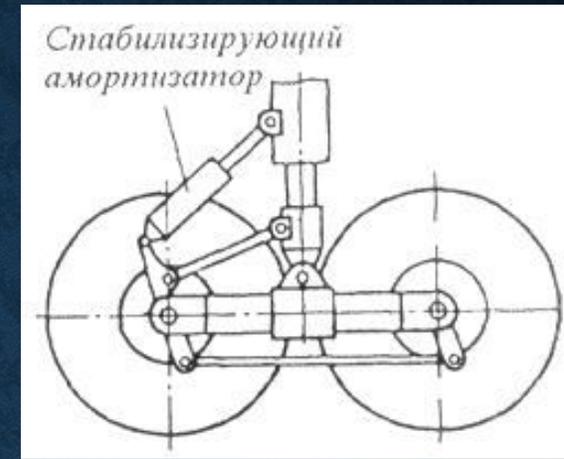
Крепление колес к штоку амортизатора или к рычагу может выполняться с помощью вилки, полувилки, полуоси или двух полуосей



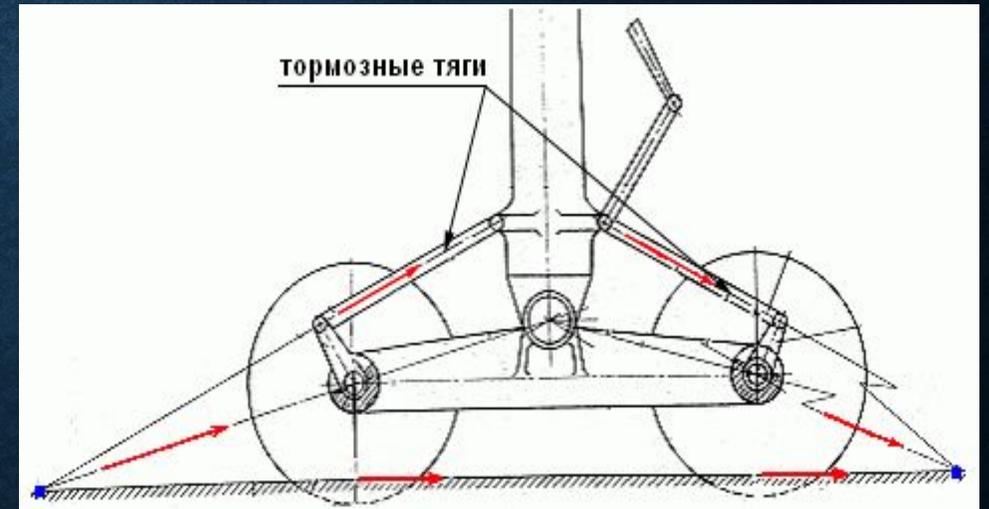
Размещение более четырех колес на одной оси сильно затрудняет маневрирование самолета и размещение колес в убранном положении. Поэтому для четырех и более колес на одной опоре обычно используются многоколесные тележки, рассчитанные на размещение четырех, шести или восьми колес на двух или трех осях. Оси колес устанавливаются на силовом элементе - раме тележки. Крепление осей к раме может быть неподвижным или подвижным (в подшипниках скольжения) в зависимости от способа передачи тормозных моментов с колес на стойку.



Для выравнивания нагрузок между осями тележка подвешивается к стойке шарнирно, что требует установки дополнительного стабилизирующего амортизатора, задающего положение тележки относительно стойки и демпфирующего колебания тележки относительно шарнира.



Использование многоколесных тележек шасси требует особого способа передачи тормозных моментов колес на стойку. Если тормозные моменты колес передавать на оси тележки, то рама тележки под действием этих моментов будет поворачиваться относительно шарнира тележки, увеличивая нагрузку на передние колеса и разгружая задние. Таким образом корпус тормоза устанавливается на оси подвижно и удерживается от вращения при торможении специальной тягой, закрепленной на стойке выше или ниже шарнира подвески тележки. Расположение такой тормозной тяги должно подчиняться простому правилу - **ось тяги должна быть направлена в точку пересечения линии, проходящей через ось шарнира тележки и ось колеса, с линией земли при обжатых пневматиках колес.**

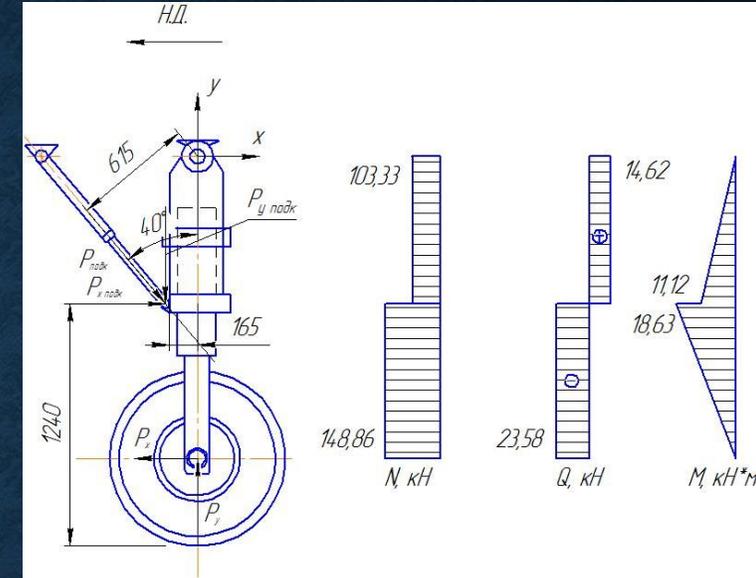


О расчете элементов шасси на прочность

Расчет шасси на прочность проводится для заданного расчетного случая с использованием норм прочности самолетов. Согласно рассматриваемому случаю определяется расчетная нагрузка P_p и её направление.

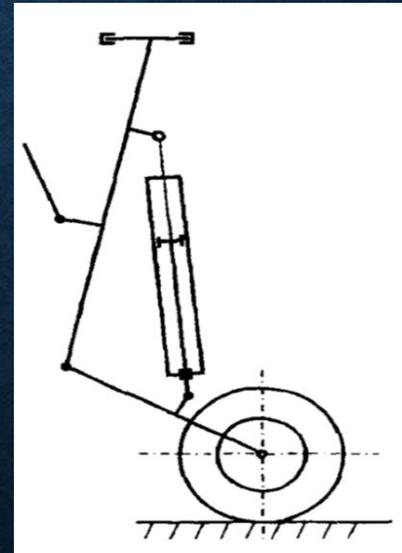
Шасси рассматривается как геометрически неизменяемая система. Расчетная схема берется для случая эксплуатационного обжатия амортизатора и пневматика. Далее определяются составляющие расчетной нагрузки по оси стойки P_y и перпендикулярно к ней P_x и P_z и строятся эпюры осевых сил, перерезывающих сил, изгибающих и крутящих моментов (N , Q_x , Q_z , M_x , M_z , M_y) для всех элементов шасси.

По найденным значениям силовых факторов подбираются сечения элементов шасси и определяются коэффициенты избытка прочности.



Расчет шасси с рычажной подвеской колеса

Для шасси с рычажной подвеской колеса рассчитываются напряжения в сечениях **штока**, **амортизатора**, **стойки**, **рычага** и **полуоси**.



Так как **шток** работает на сжатие, то за разрушающее напряжение следует принять критическое напряжение, равное

$$\sigma_{кр} = \frac{0,3E\delta}{D}$$

Где E – модуль упругости материала штока;

D – диаметр штока;

δ – толщина стенки штока.

Нормальные напряжения в **полуосях** будем определять, исходя из их работы на изгиб

$$\sigma = \frac{M_{изг}}{W_{изг}} \leq \sigma_{в}$$

$M_{изг}$ – максимальный изгибающий момент;

$W_{изг}$ – момент сопротивления изгибу.

Напряжение **цилиндра амортизатора** проверяется на разрыв по образующей

$$\sigma = \frac{f p_{max} D_{ц}}{2 \delta_{ц}} \leq \sigma_{в}$$

где f – коэффициент безопасности (обычно принимают $f = 3$);

$D_{ц}$ – диаметр цилиндра;

$\delta_{ц}$ – толщина стенки цилиндра;

p_{max} – максимальное давление газа в цилиндре;

$\sigma_{в}$ – предел прочности.

Для **стойки** условие прочности имеет вид

$$\sigma_{зкв} = \sqrt{\left(\frac{M_{изг}}{W_{изг}}\right)^2 + 4 \left(\frac{M_{кр}}{W_{кр}}\right)^2} \leq \sigma_{в}$$

Для **рычага**, имеющего некруглое сечение, необходимо определить напряжения отдельно от M_y и M_z

$$\sigma' = \frac{M_y}{W_y} \quad \sigma'' = \frac{M_z}{W_z}$$

где W_y и W_z - моменты сопротивления относительно соответствующих осей.
Нормальные напряжения в опасном сечении суммируются

$$\sigma = \sigma' + \sigma''$$

Далее подбираем сечение из условия работы на изгиб, находим эквивалентное напряжение для опасного сечения и сравниваем с σ_B

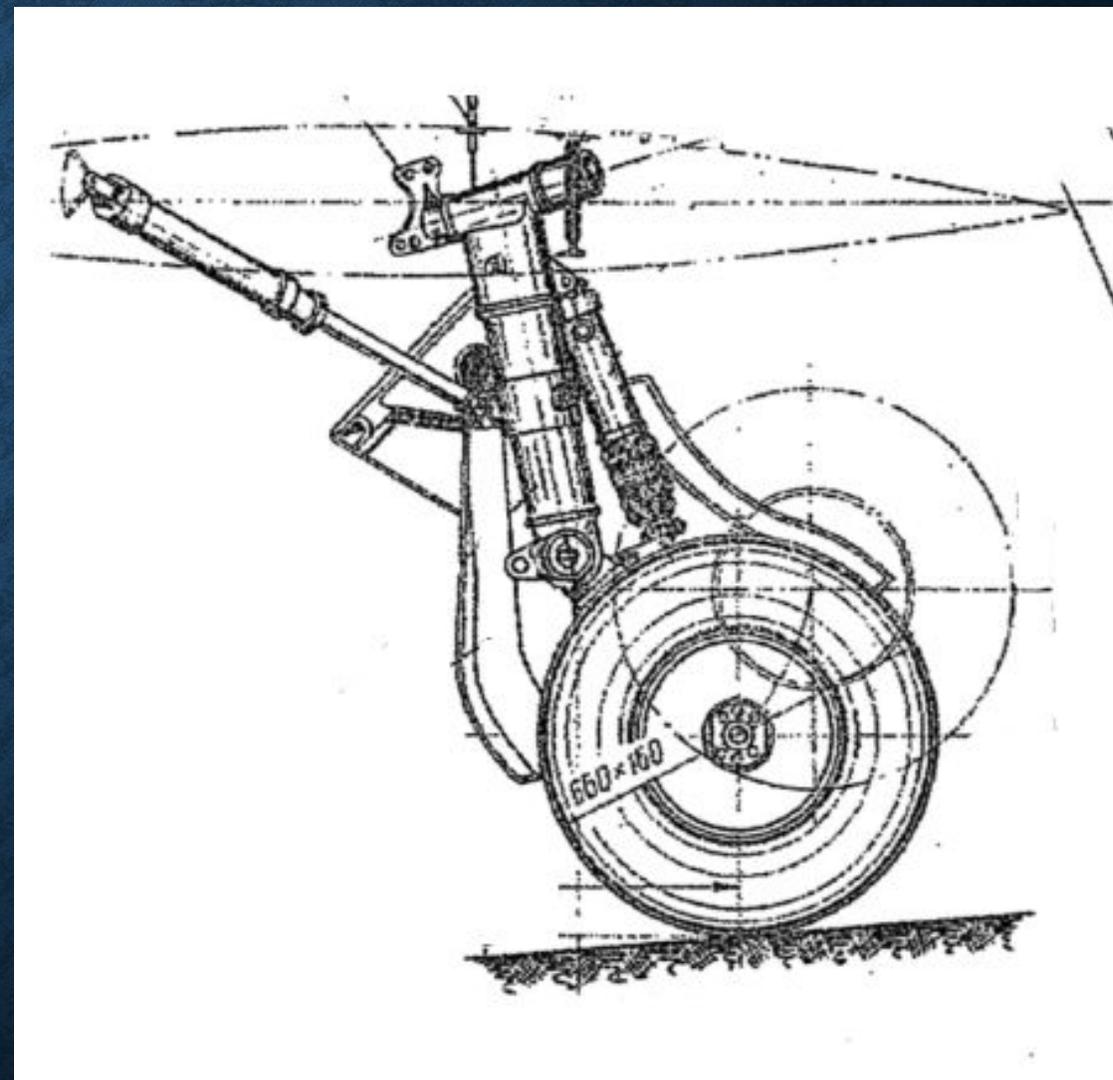
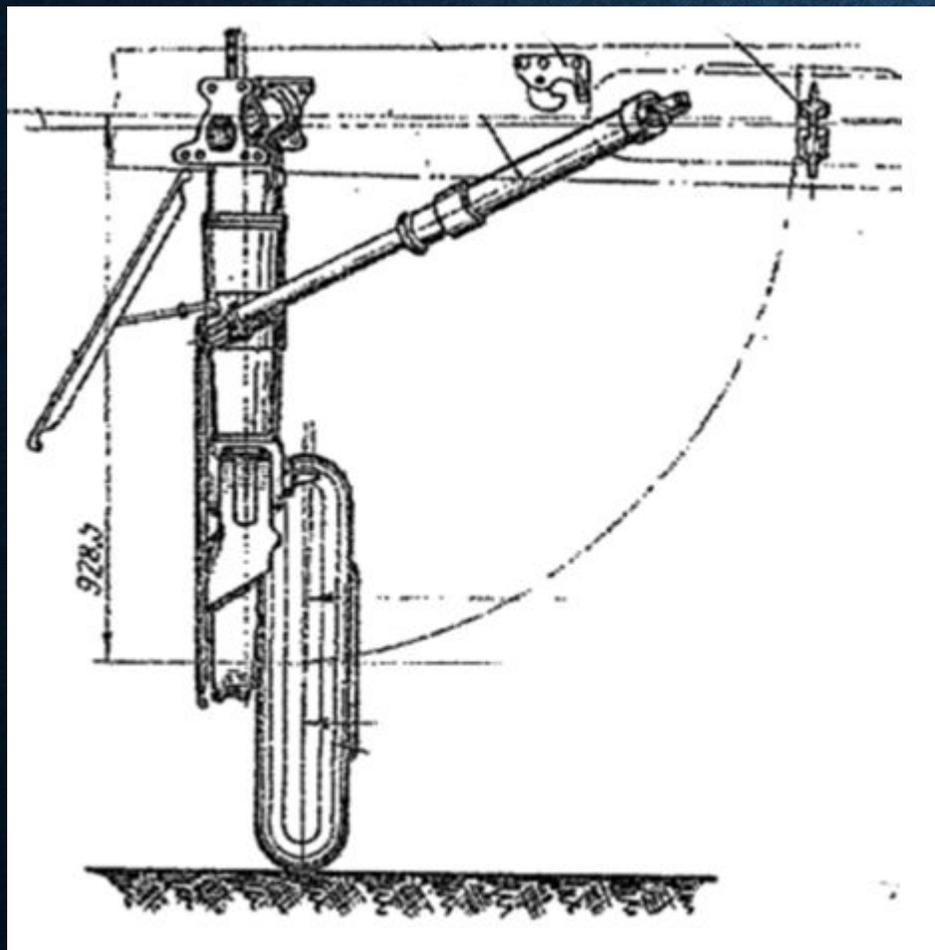
$$\sigma_{\text{зкв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_B$$

где τ — касательное напряжение.

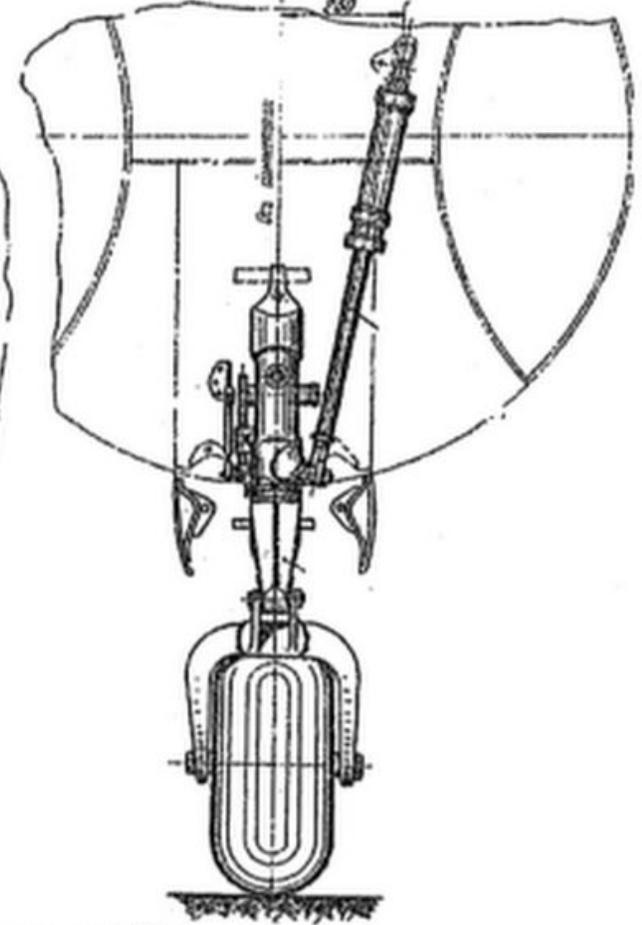
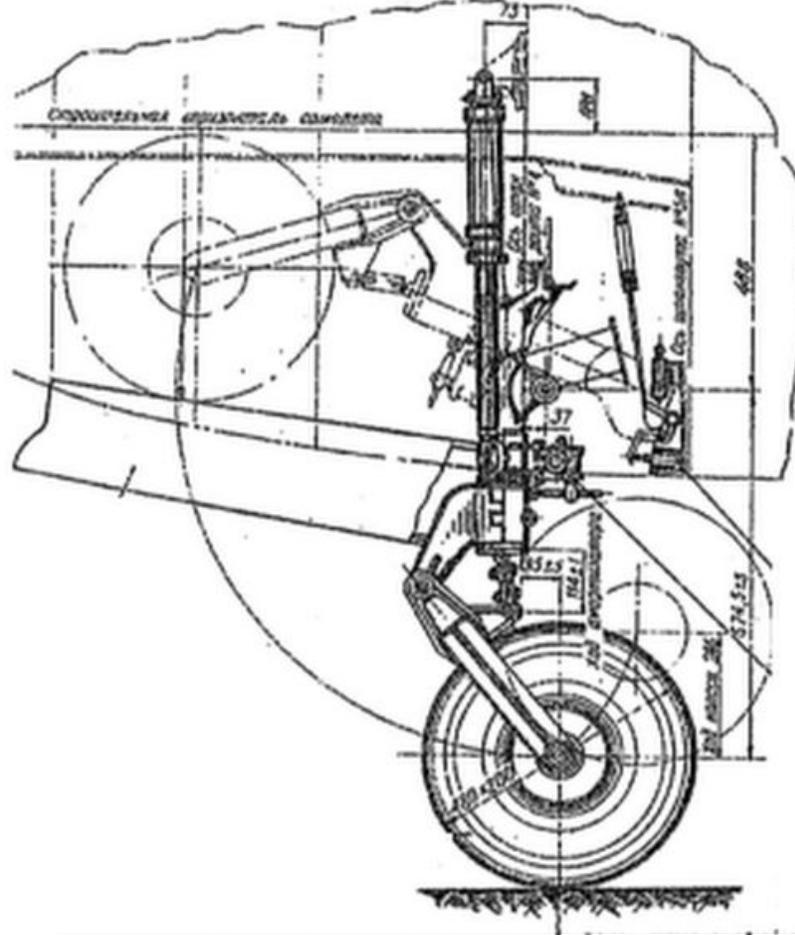
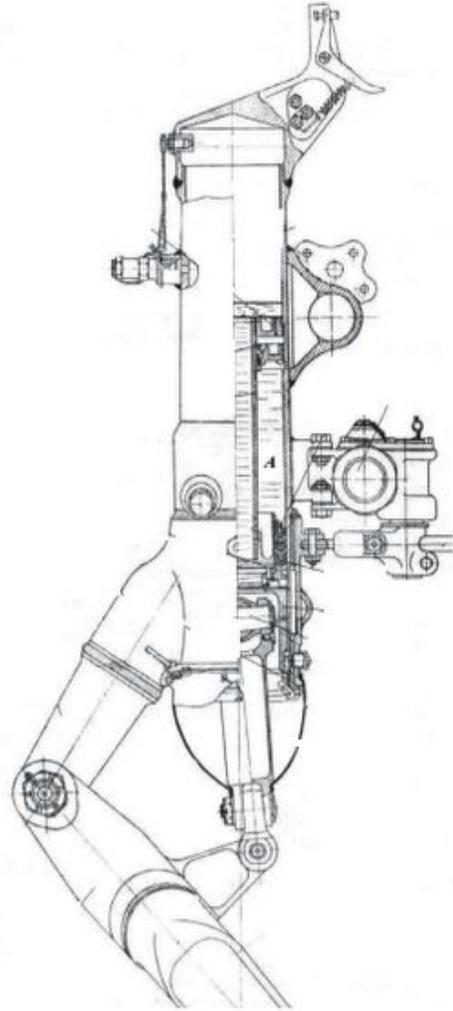
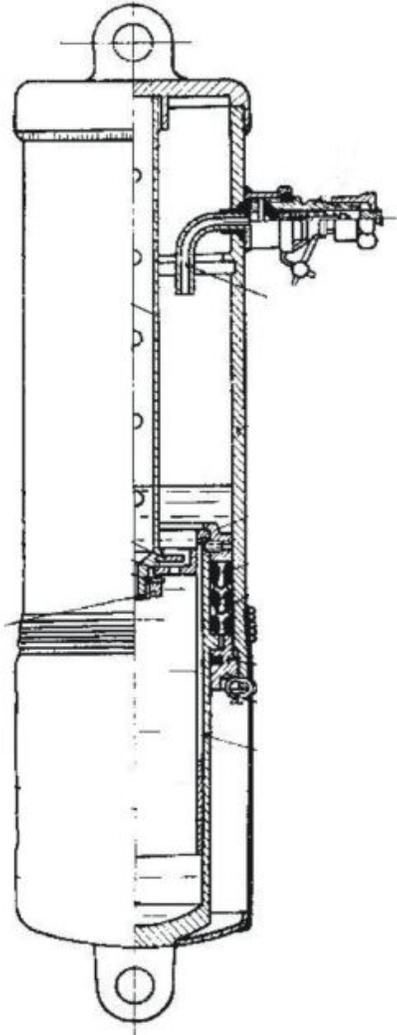
ШАССИ САМОЛЕТА МИГ-15



ОБЩИЙ ВИД ШАССИ САМОЛЕТА МИГ-15



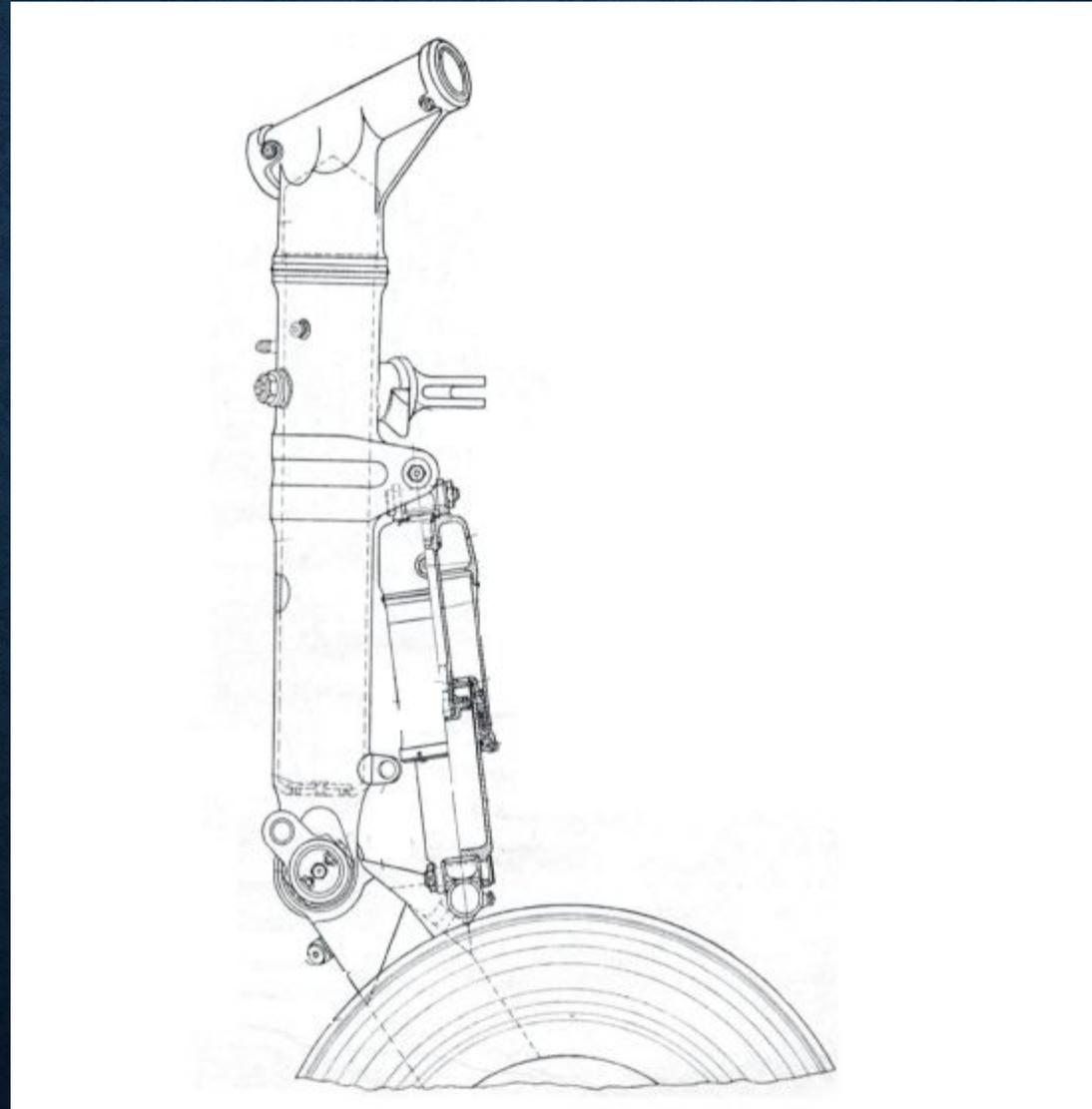
АМОРТИЗАТОРЫ И СТОЙКИ ШАССИ



ШАССИ САМОЛЕТА МИГ-19



ОСНОВНАЯ ОПОРА ШАССИ САМОЛЕТА МИГ-19



ШАССИ САМОЛЕТА СУ-7Б



ШАССИ САМОЛЕТА СУ-25



АМОРТИЗАЦИОННАЯ СТОЙКА ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЫ

