

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Кафедра № 24 - «Авиационной техники»



ШАССИ

Санкт-Петербург
2008

Основное назначение шасси –

- поглощение и рассеивание энергии летательного аппарата в момент приземления и
- обеспечение его разбега и пробега и посадки, а также
- передвижение его на земле.

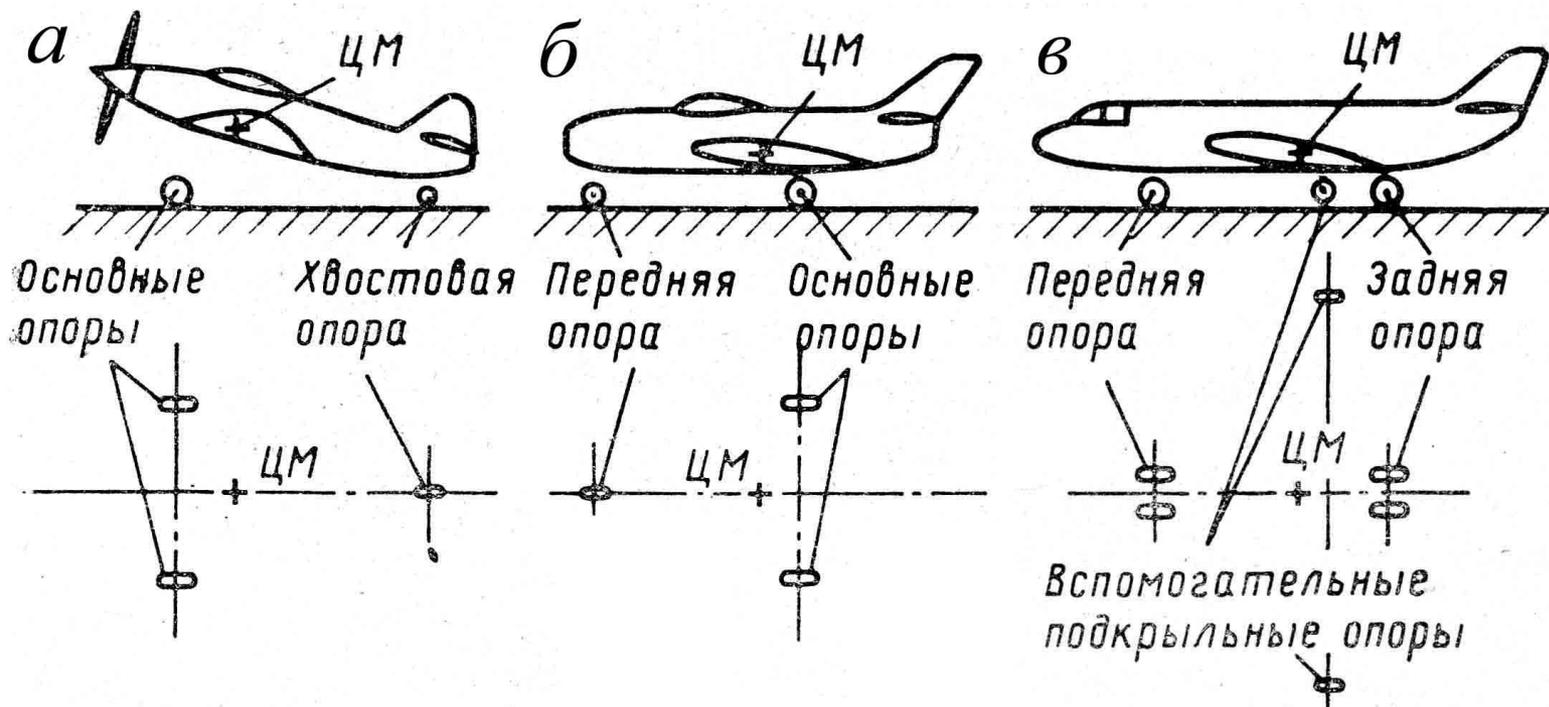
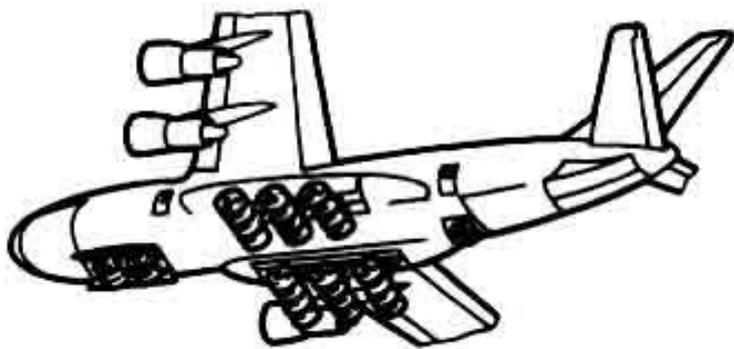


Рис. Компоновочные схемы шасси:

а - трехопорное шасси с хвостовым колесом; *б* - трехопорное шасси с носовым колесом; *в* - двухопорное или велосипедное шасси.



Многоопорное шасси

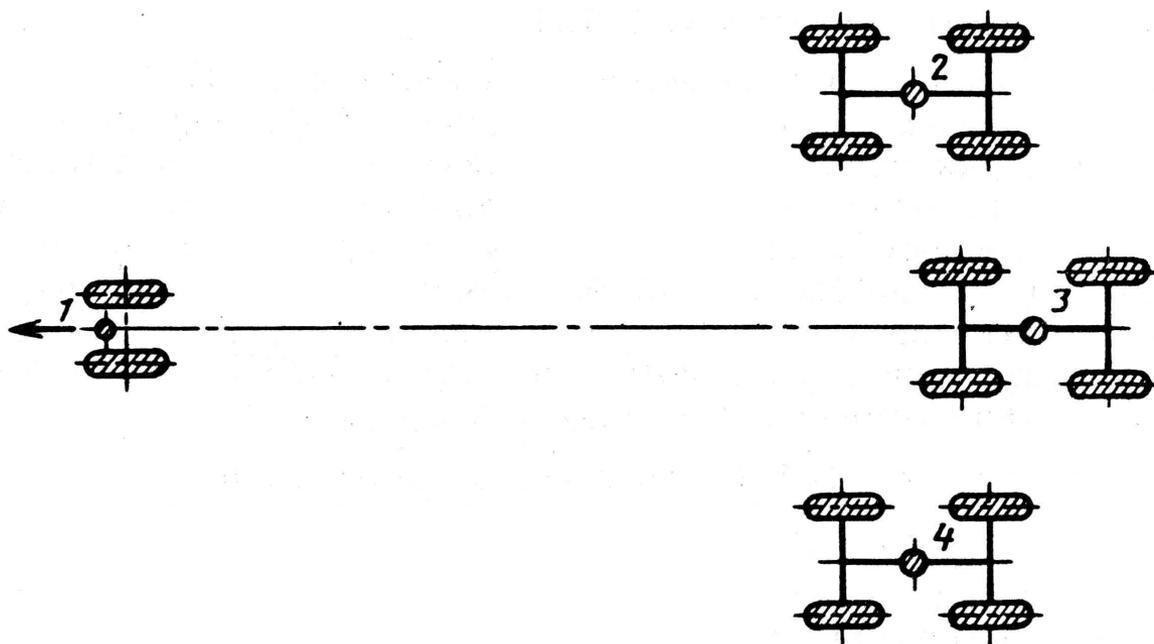


Рис. Вид сверху многоопорного шасси с тремя основными опорами:
1 – передняя опора; 2, 4 - передние основные опоры; 3 – задняя основная
опора

Для обеспечения необходимой устойчивости и маневренности самолета во время движения его по взлетно-посадочной полосе (ВПП) опорные точки шасси должны быть размещены на определенном расстоянии друг от друга и от центра тяжести самолета.

Основные величины, характеризующие расположение опорных точек самолетов, следующие:

- колея B - расстояние между центрами площадей контактов основных колес с землей,
- база b – расстояние между центрами колес основных и передних (хвостовых) опор,
- высота шасси H - расстояние от земли до центра тяжести самолета,
- угол стоянки φ – *стояночный угол оси самолета*, то есть угол между продольной осью самолета и горизонтом; ,
- угол выноса основных колес относительно вертикали самолета Λ – угол между вертикалью и плоскостью, проходящей через центр тяжести самолета и точки касания основных колес шасси с землей при стоянке самолета и необжатых амортизаторах.

- **колея B** - расстояние между центрами площадей контактов основных колес с землей,
- **база b** - расстояние между центрами колес основных и передних (хвостовых) опор,
- **высота шасси h** - расстояние от земли до центра тяжести самолета,
- **угол стоянки φ** - **стояночный угол оси самолета**, то есть угол между продольной осью самолета и горизонтом;
- **угол выноса основных колес относительно вертикали самолета λ** - угол между вертикалью и плоскостью, проходящей через цент тяжести самолета и точки касания основных колес шасси с землей при стоянке самолета и необжатых амортизаторах

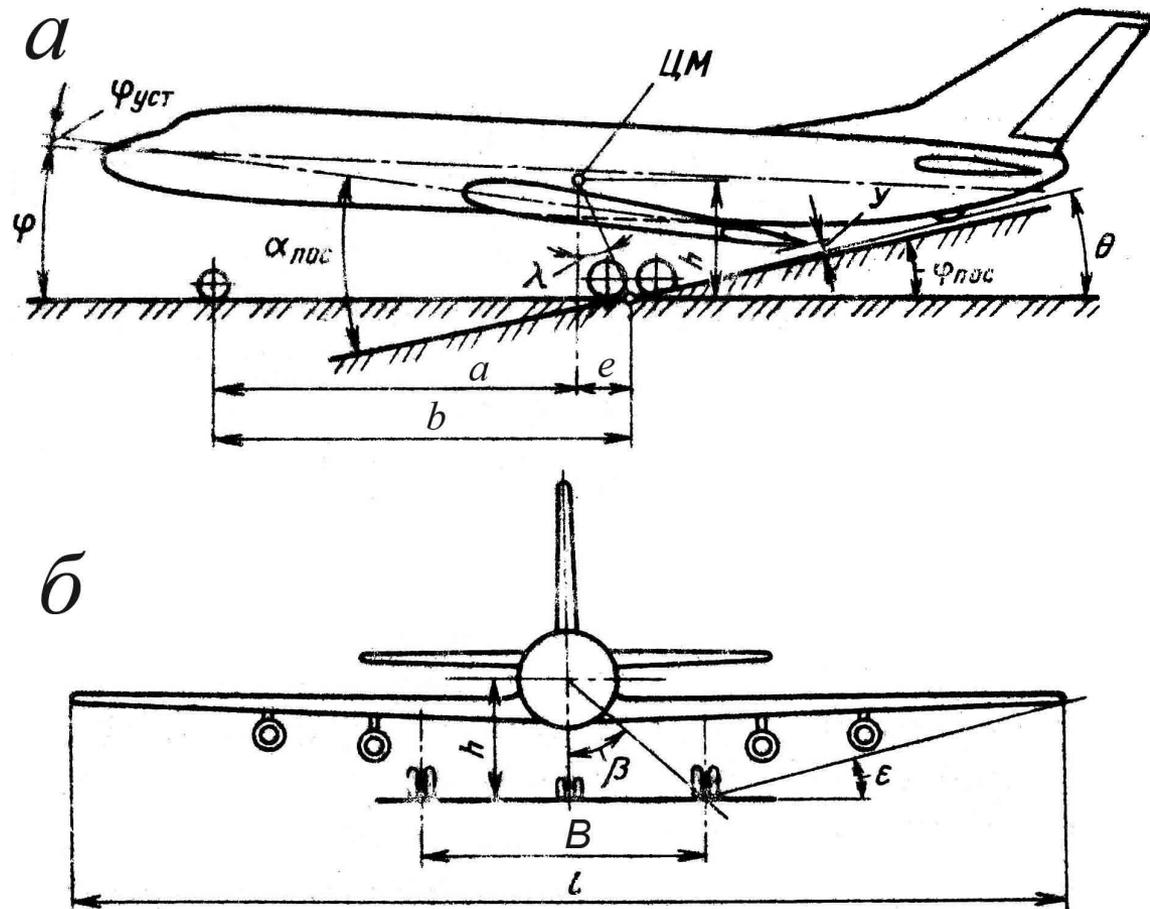


Рис. **Трехопорное шасси с передней опорой:**

а – вид сбоку; **б** – вид спереди

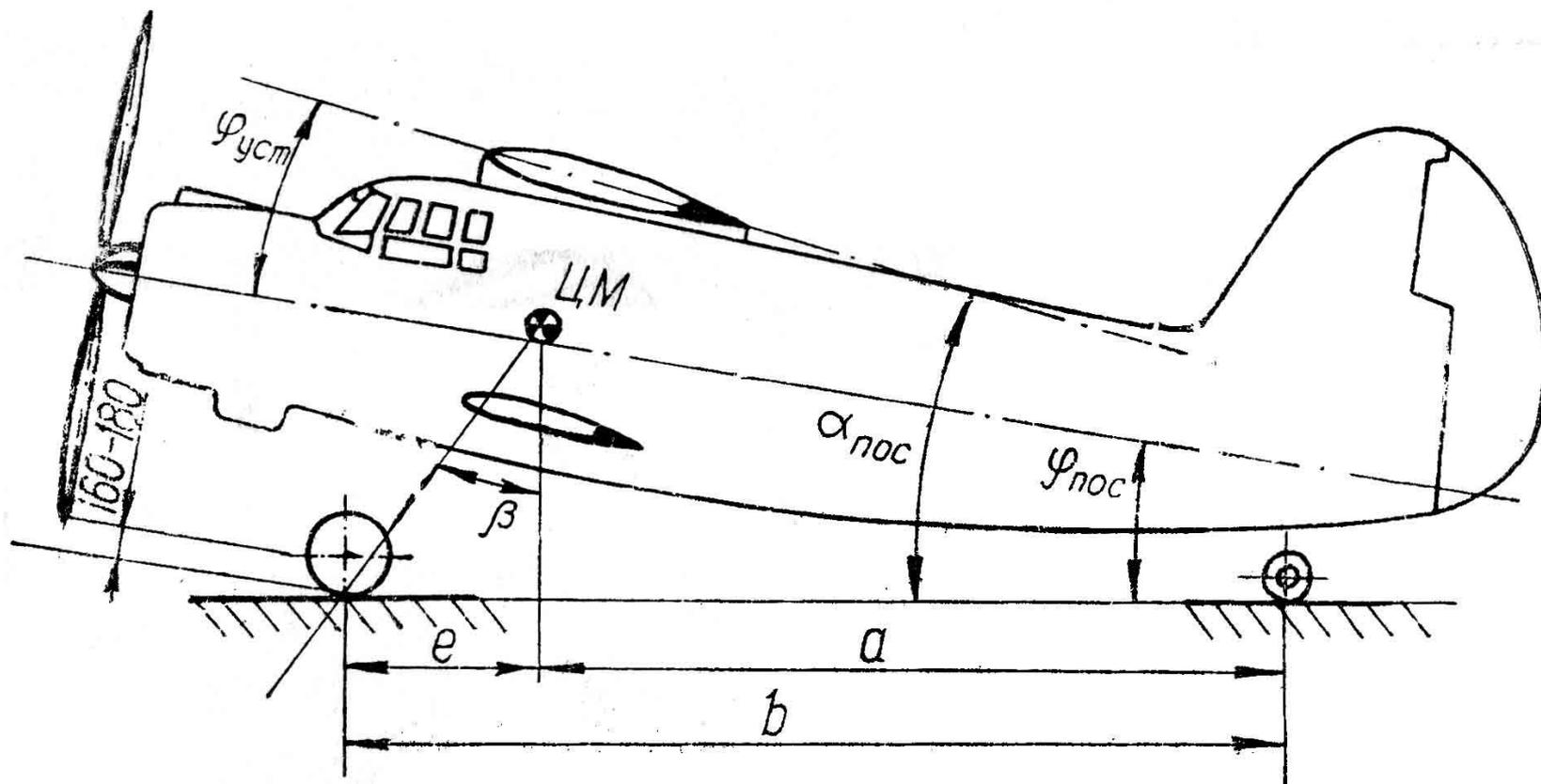


Рис. Основные параметры шасси с хвостовой опорой

опасное «козление» самолета при грубой посадке предотвращается расположением основных опор сзади центра тяжести самолета.

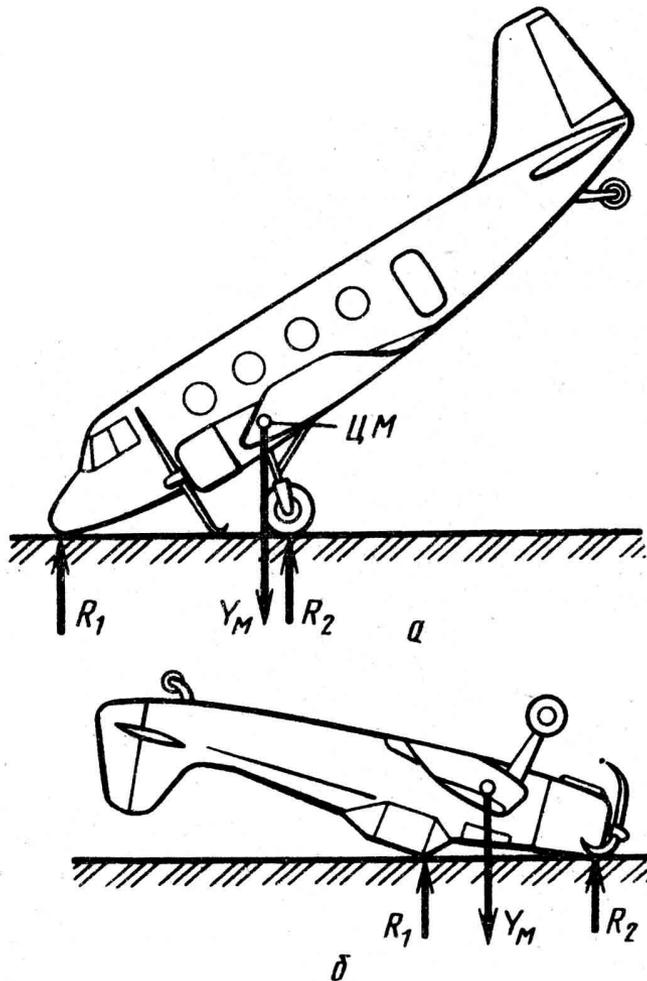


Рис. **Случаи непосредственного нагружения фюзеляжа:**
a – неполный капот; *б* – полный капот;
 $Y_M = mg$; R_1, R_2 – реакция земли

Опасное «козление» самолета при грубой посадке предотвращается расположением основных опор сзади центра тяжести самолета.

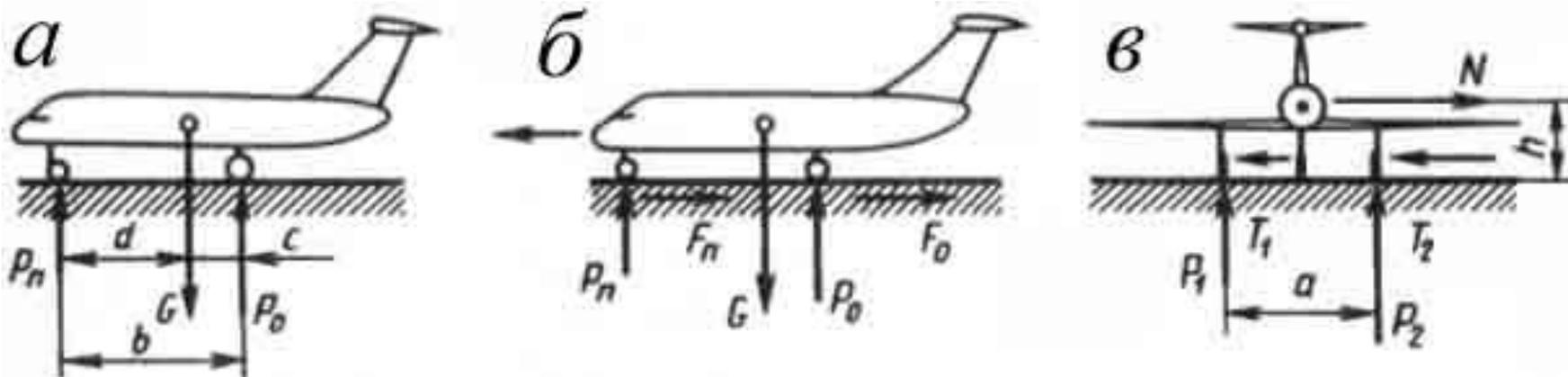


Рис. **Нагрузки, действующие на шасси:**
a – на стоянке; *б* – при разбеге; *в* – при развороте

Максимальная вертикальная нагрузка на колеса имеет место при посадке на все опоры одновременно – случай «грубой» посадки $E_{ш}$.

Наибольшие лобовые нагрузки действуют на шасси при посадке самолета с нераскрученными или заторможенными колесами и наезде на неровности – случай переднего (лобового) удара $G_{ш}$.

Наибольшие боковые нагрузки на шасси возникают при посадке со сносом и при разворотах самолета – случай $R_{ш}$.

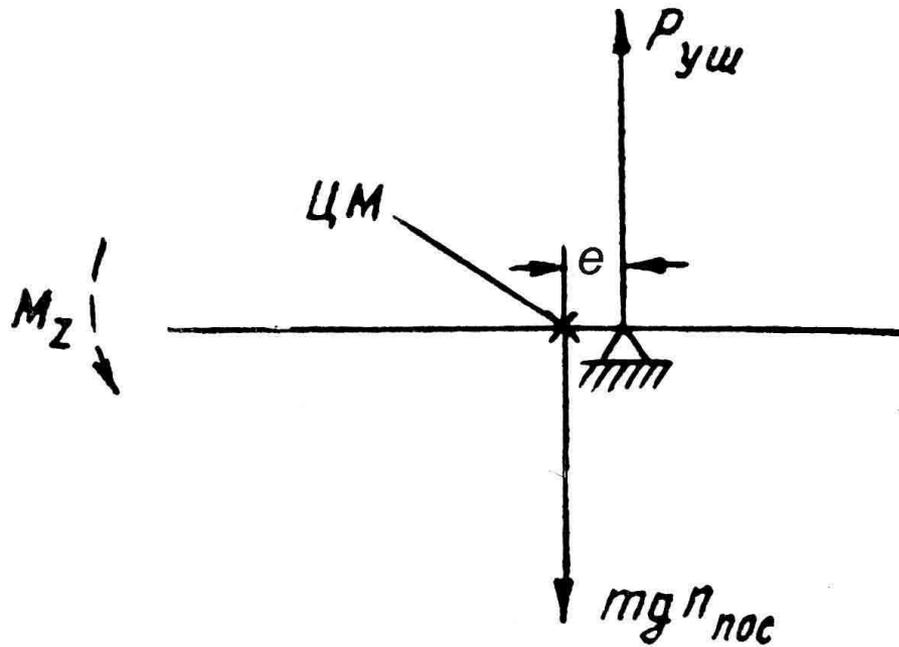


Рис. Нагрузки, действующие на самолет при грубой посадке на основные опоры:

e - выносе главных ног назад

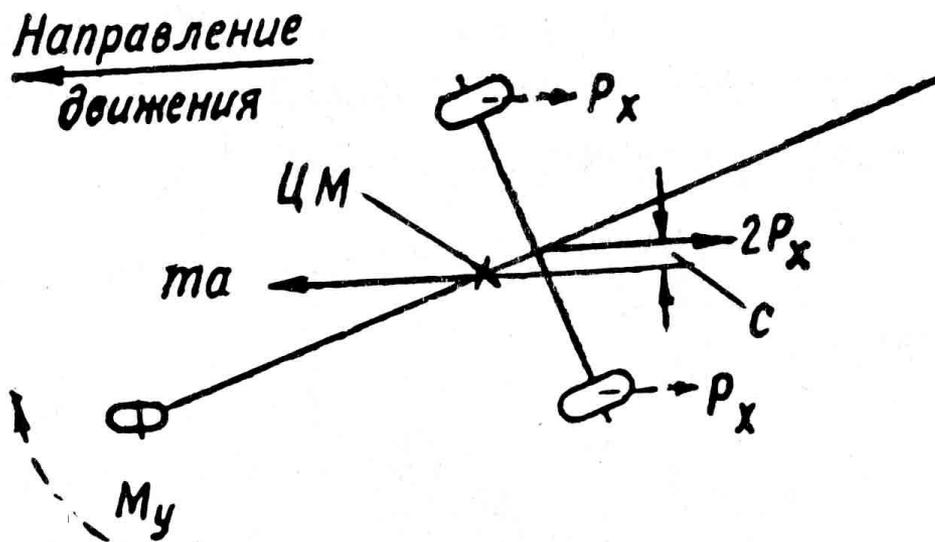


Рис. Нагрузки, действующие на самолет при посадке со сносом

Путевая устойчивость при посадке самолета со сносом обеспечивается парой сил, составляющими которой являются (рис.)::

- сила инерции массы самолета m_a , приложенная в центре масс;
- суммарная сила торможения $2P_x \cdot c$, разворачивающая самолет в положение , при котором продольная ось самолета совпадает с направлением движения (с продольной осью ВПП).

Максимальная вертикальная нагрузка на колеса имеет место при посадке на все опоры одновременно – случай «грубой» посадки $E_{ш}$.

Наибольшие лобовые нагрузки действуют на шасси при посадке самолета с нераскрученными или заторможенными колесами и наезде на неровности – случай переднего (лобового) удара $G_{ш}$.

Наибольшие боковые нагрузки на шасси возникают при посадке со сносом и при разворотах самолета – случай $R_{ш}$.

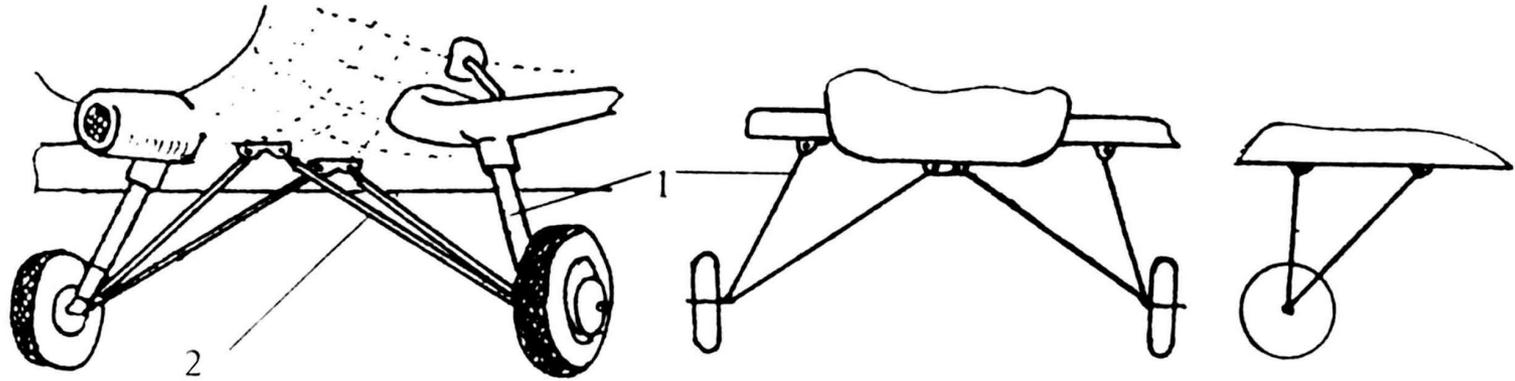


Рис. Ферменное шасси:
1 – амортизационная стойка; 2 – подкос



Преимущества: простота конструкции, малая масса.
Недостатки: большое лобовое сопротивление, так как убрать в полете их сложно.

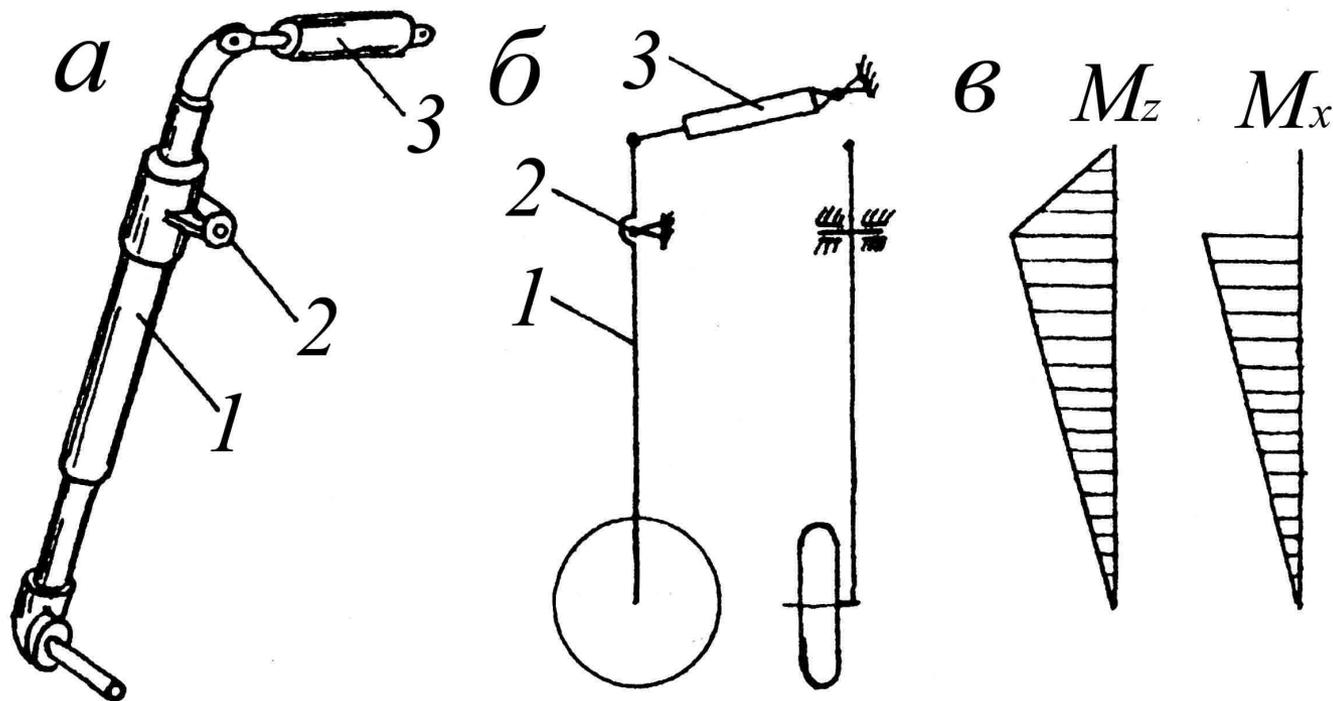


Рис. Балочная силовая схема шасси:

1 – амортизатор; 2 – узел крепления; 3 – механизм уборки

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).

Сложность крепления **балочной ноги шасси** без подкоса к крылу или фюзеляжу и неблагоприятное распределение на ней изгибающего момента объясняют ее **сравнительно редкое применение**.

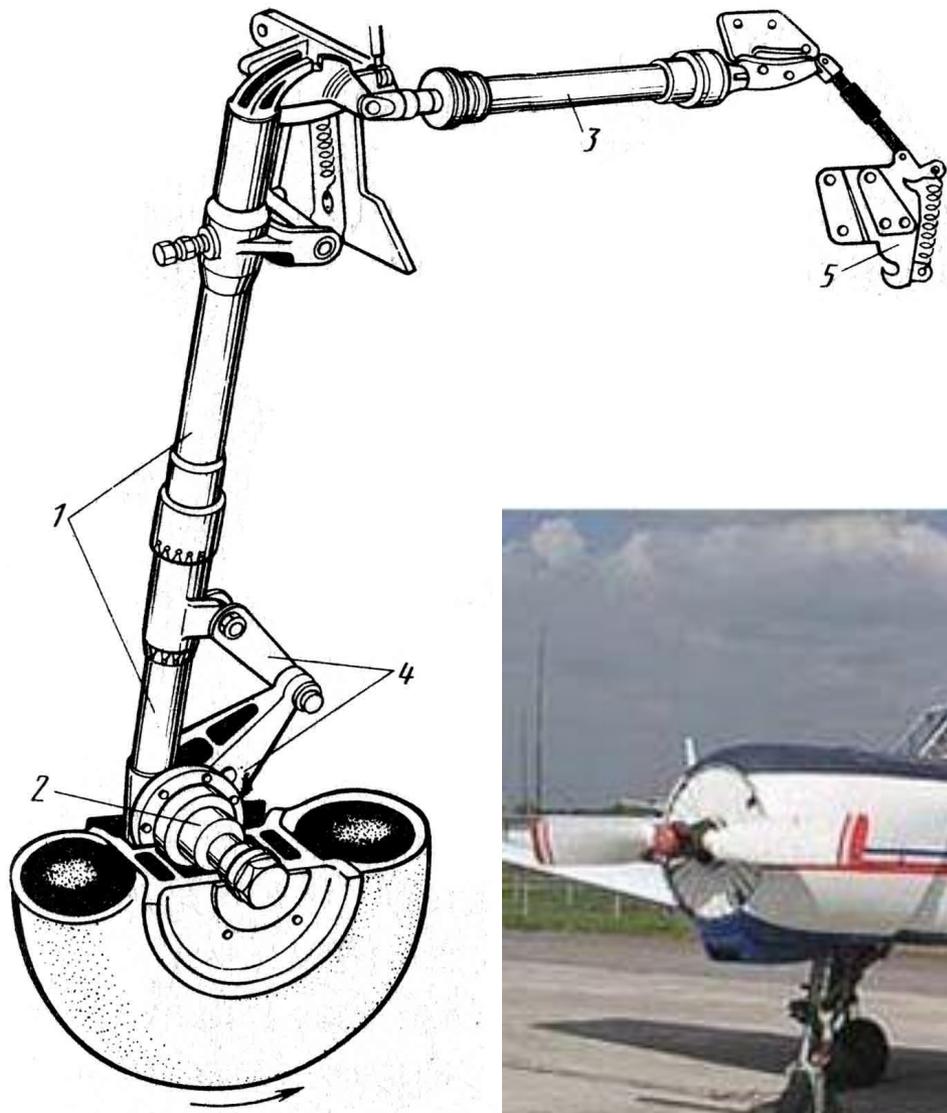


Рис. Балочное шасси самолета Як-18:

1 – амортизатор; 2 – полуось; 3 – гидроцилиндр; 4 – двухзвенник (шлиц-шарнир) ; 5 – замок в убранном положении



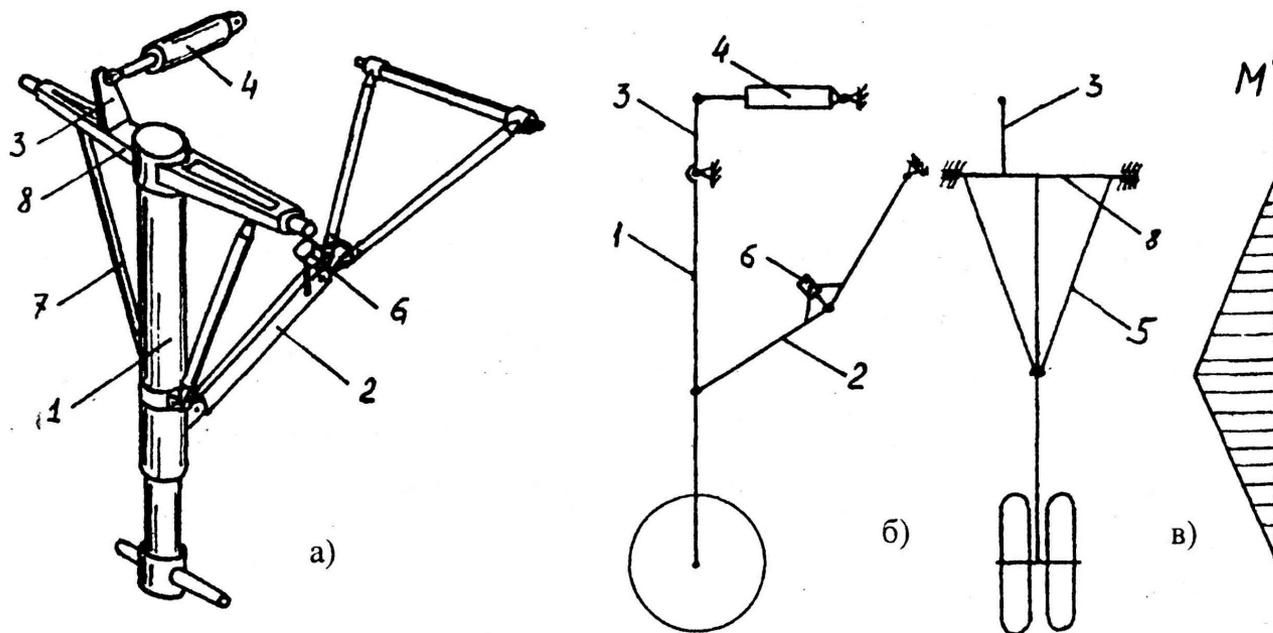


Рис. **Ферменно-балочная схема шасси:**

1 – амортизационная стойка; 2 – складывающийся подкос; 3 – рычаг; 4 – силовой цилиндр; 5, 7 – боковой подкос; 6 – механизм складывания

Стойка в этой схеме подкрепляется одним или несколькими **подкосами**, **разгружающими** верхнюю часть стойки **от изгиба**.

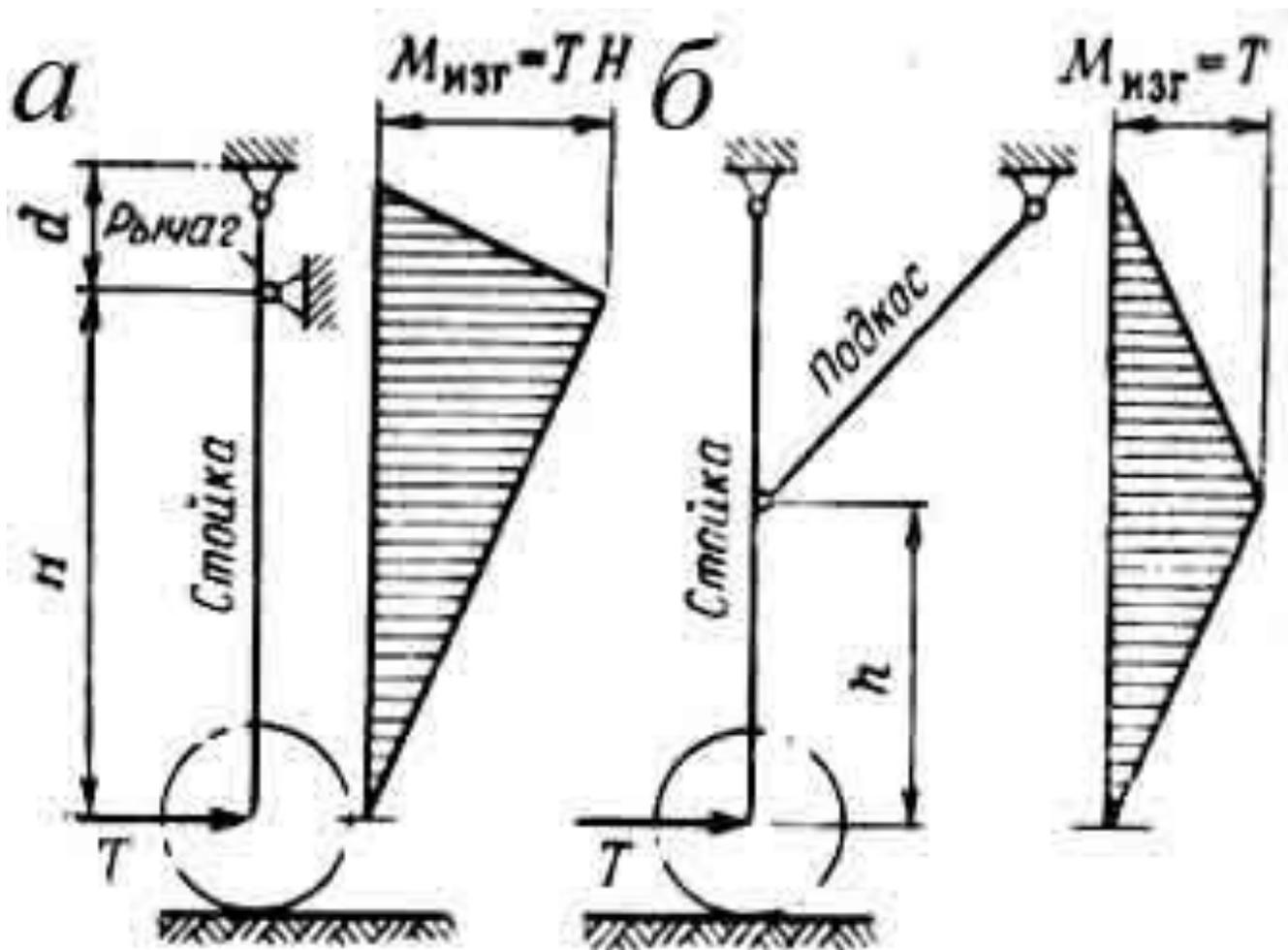


Рис. Схема нагружения балочного шасси:
 а – без подкоса; б – с подкосом

С увеличением длины стойки H и уменьшением базы d момент, изгибающий стойку в наиболее нагруженном сечении, увеличивается и, следовательно, увеличивается вес ноги.

Опора ферменно-балочной конструкции используется на большинстве самолетов ГА и на вертолетах Ми-10, Ми-26 и Ка-26.

Опорные элементы. Подвеска колес

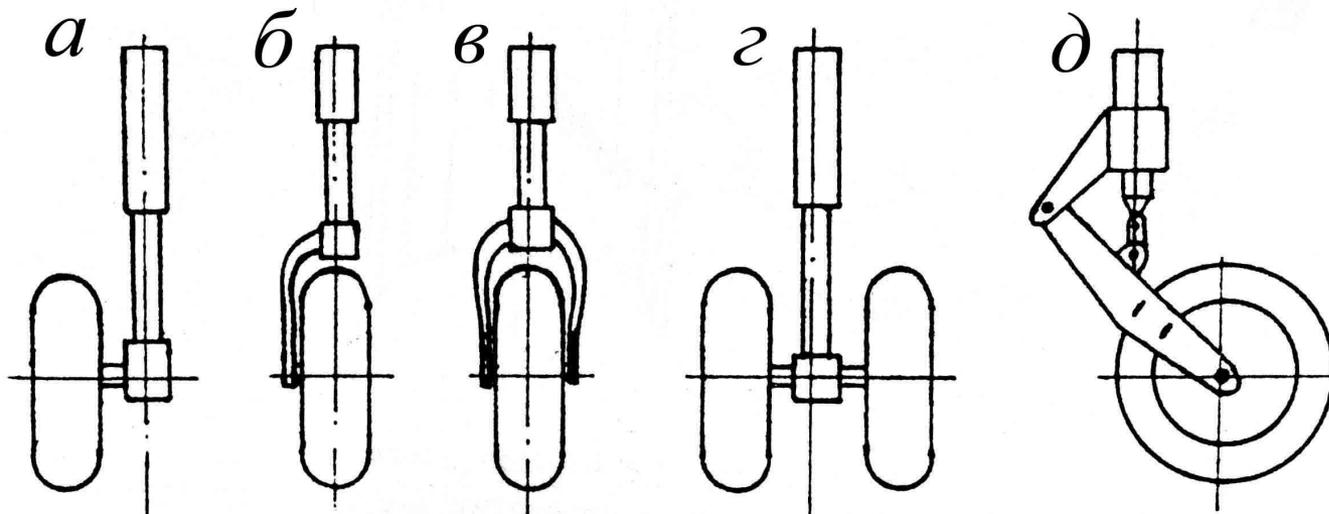


Рис. Подвеска колес:

а – консольная; б – полувильчатая; в – вильчатая; г – спаренная; д – рычажная

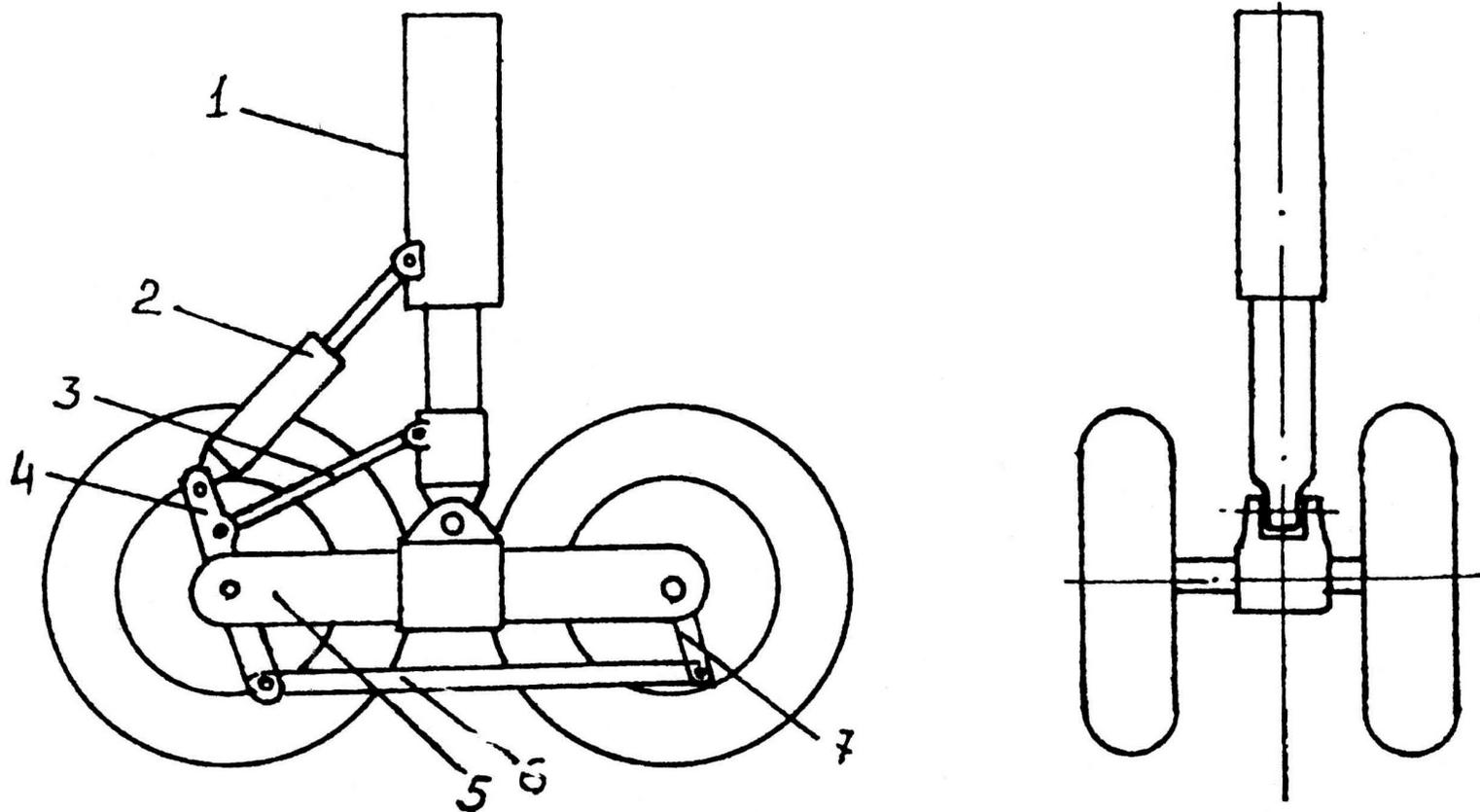
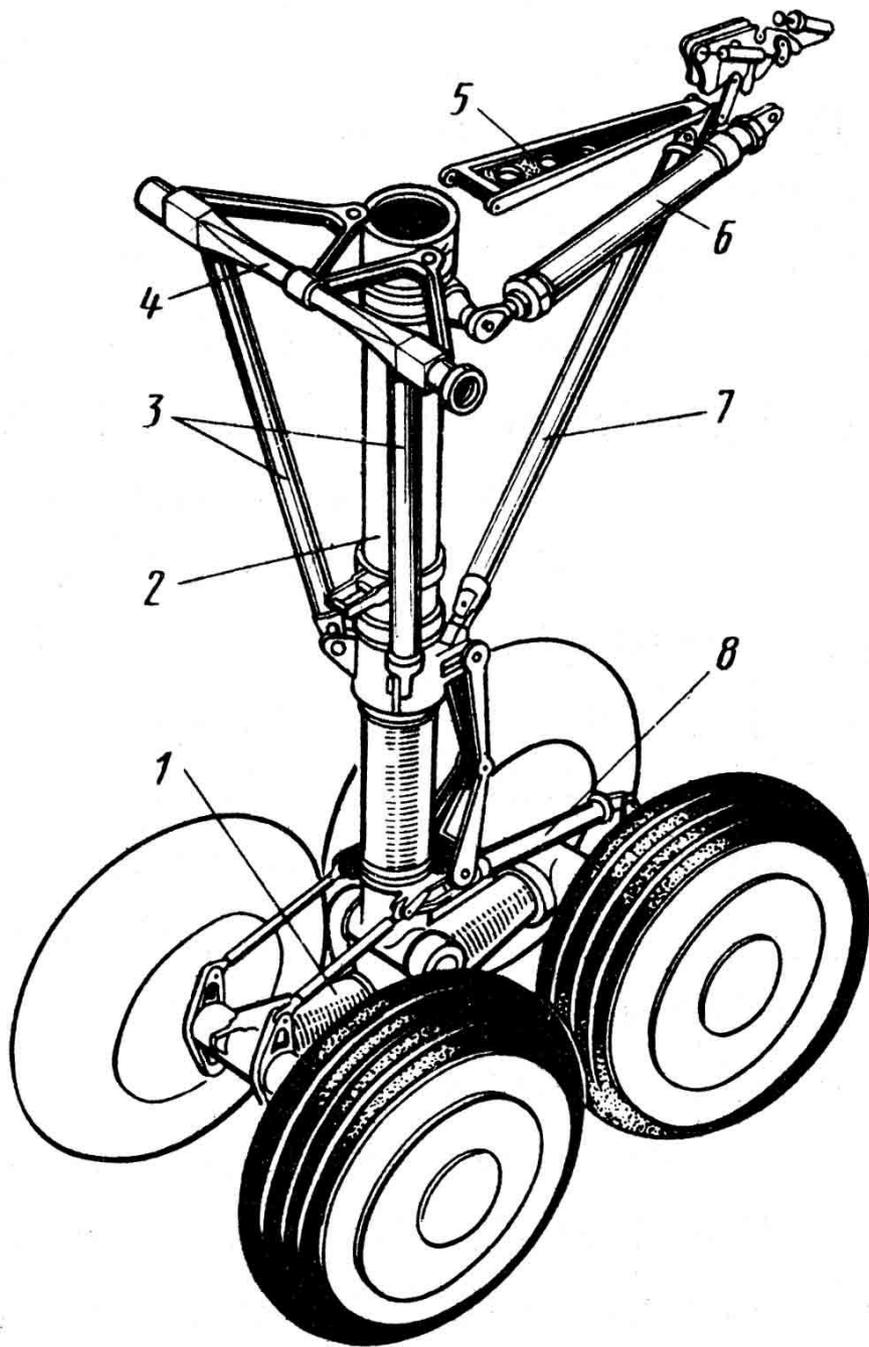


Рис. Подвеска колес на тележке:

1 – амортизационная стойка; 2 – стабилизирующий амортизатор;
3 – уравнивательная тяга; 4, 7 – тормозные рычаги; 6 – тормозная тяга



**Рис. Подкосно-балочная
опора шасси с тележкой:**
1 – тележка; 2 – амортизатор; 3 –
боковые подкосы; 4 – траверса; 5
– штанга; 6 – гидроцилиндр; 7 –
задний подкос; 8 –
стабилизирующий демпфер

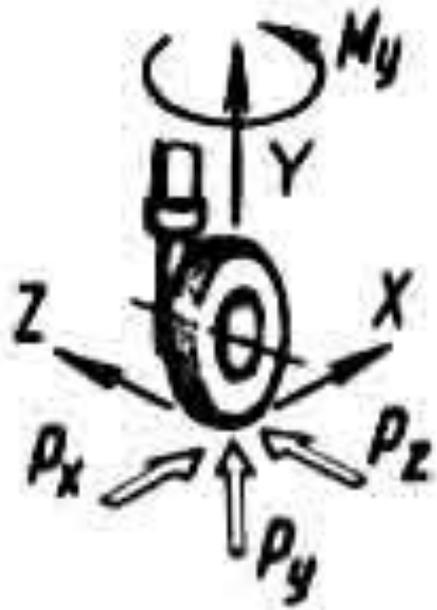


Рис. Силы, действующие на опору шасси

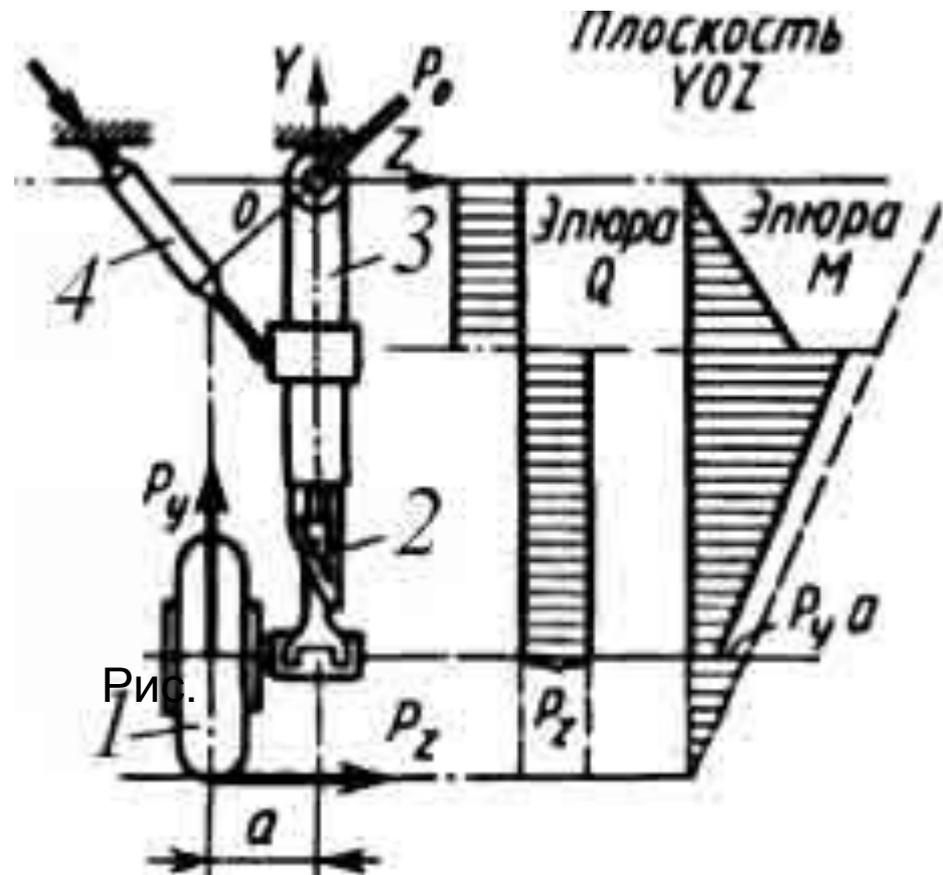


Рис. Эпюры перерезывающей силы Q и изгибающего момента M :

1 – колесо; 2 – шток; 3 – цилиндр амортизатора; 4 – цилиндр уборки-выпуска

Включение подкоса в конструктивно-силовую схему (КСС) опоры позволяет существенно снизить значение изгибающего момента в сечениях стойки выше узла крепления подкоса и свести его до нуля в узле крепления стойки.

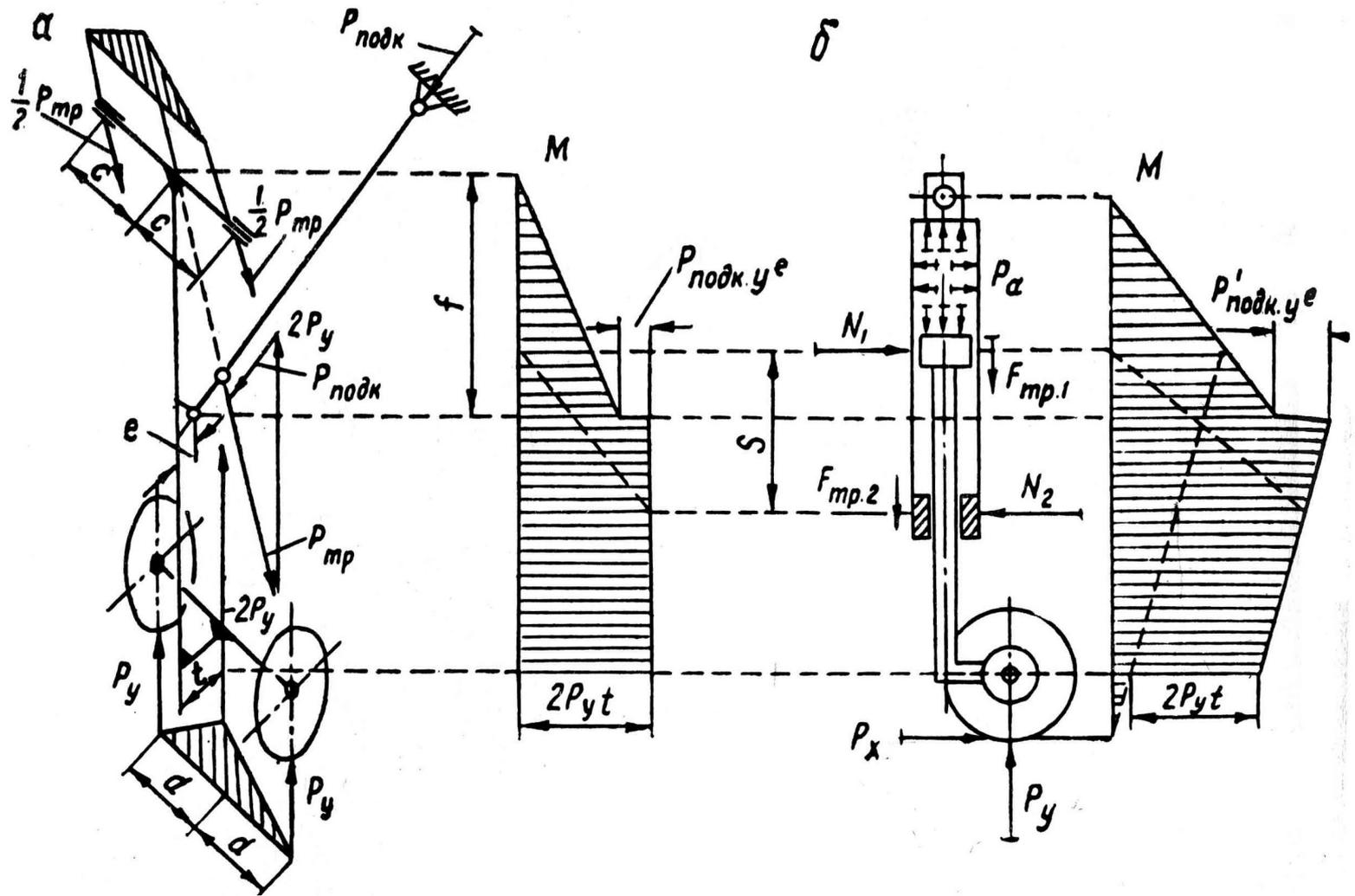


Рис. Работа опоры с непосредственным креплением колес:
 а – нагружение силой P_y ; б - одновременное нагружение силами P_y и P_x

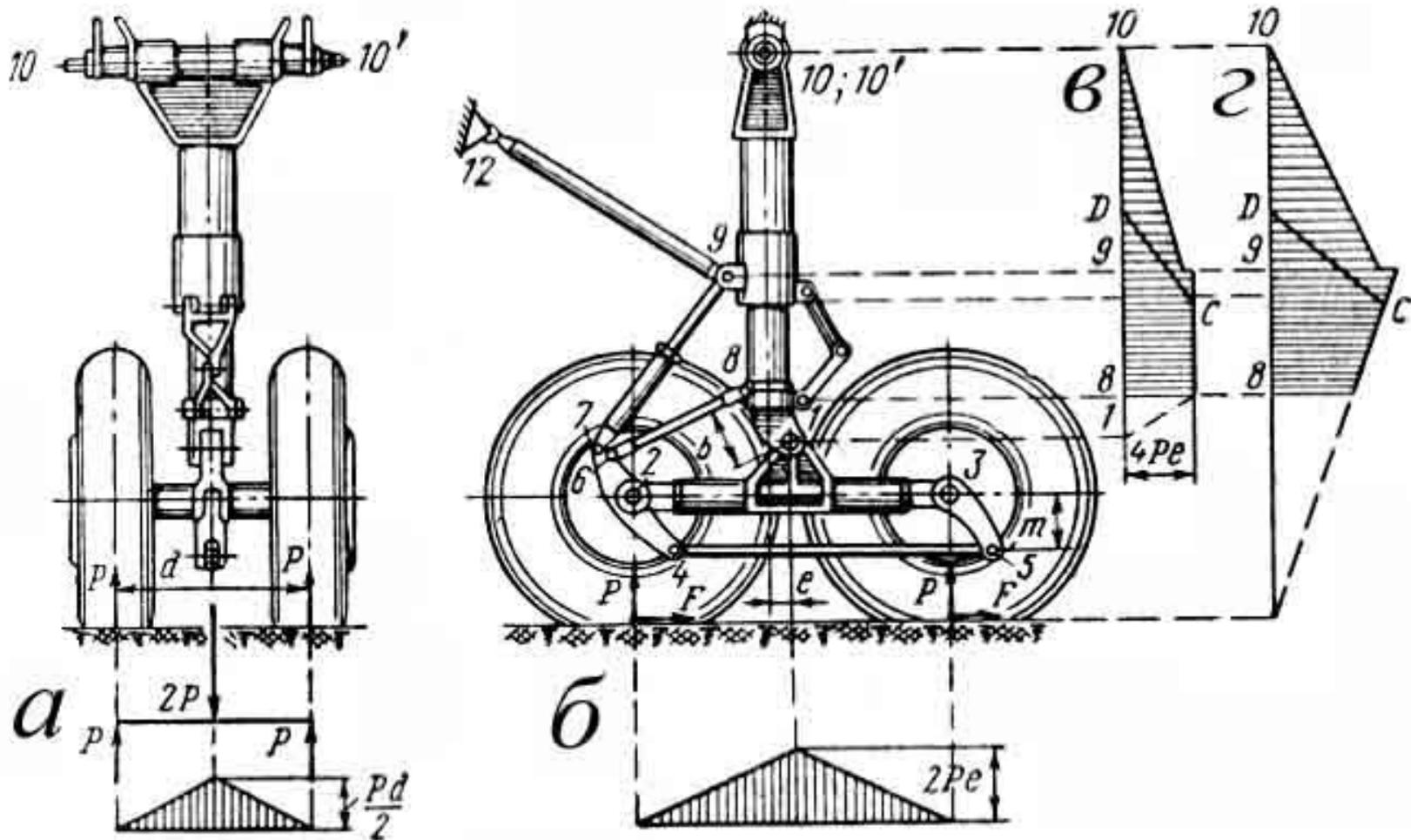


Рис. Схема нагружения конструктивных элементов балочного шасси с тележкой:

a – эпюры изгибающих моментов для полуосей от сил P ; b – то же для траверсы от сил P ; $в, г$ – то же для стойки от сил P и F соответственно

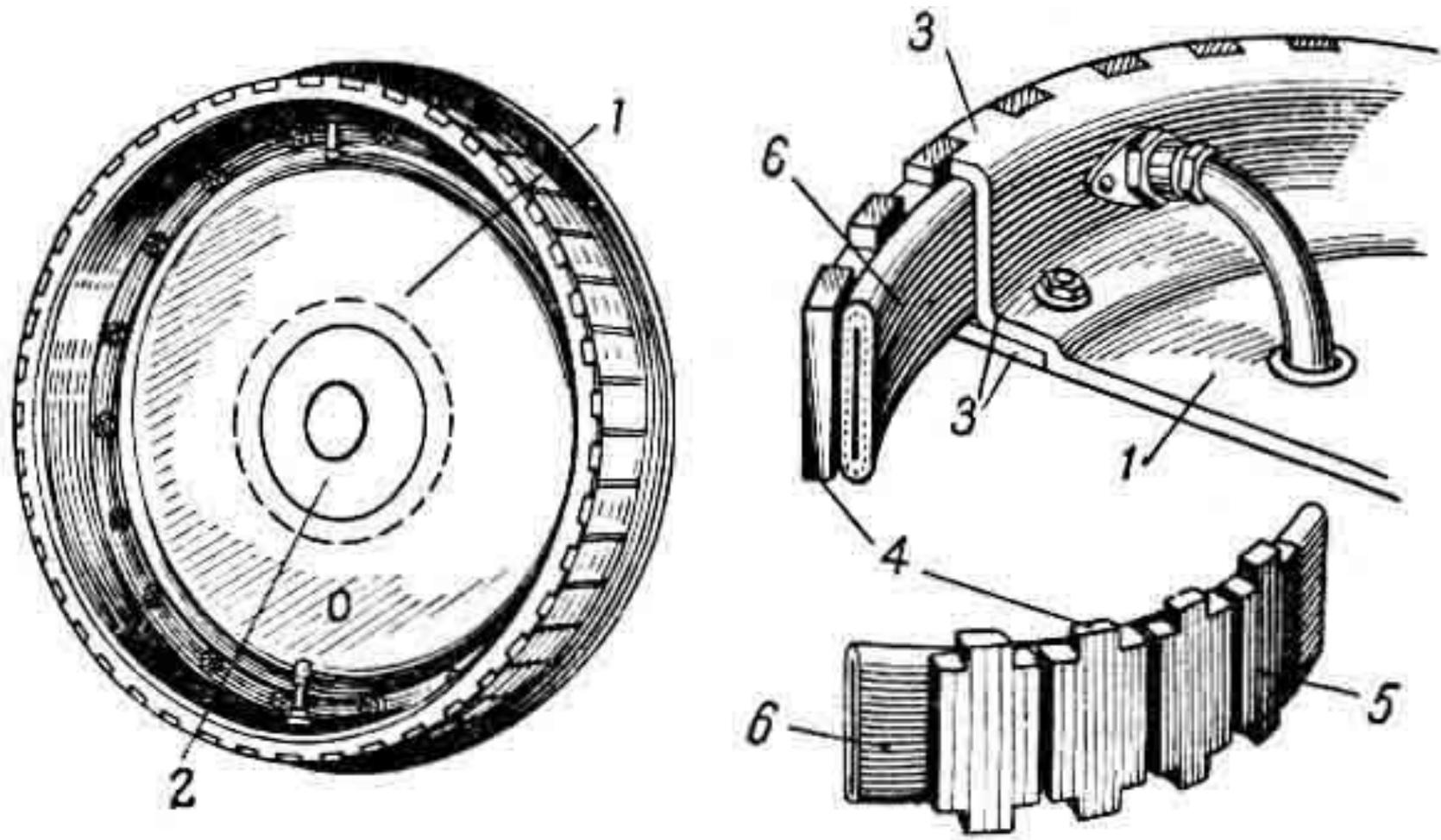


Рис. Камерный тормоз:

1, 2— корпус тормоза (штампованный и литой соответственно); 3 —
штампованные профилированные чашки; 4— тормозные колодки; 5 —
возвратные пластинчатые пружины (типа ленточных рессор); 6 —
резиновая камера

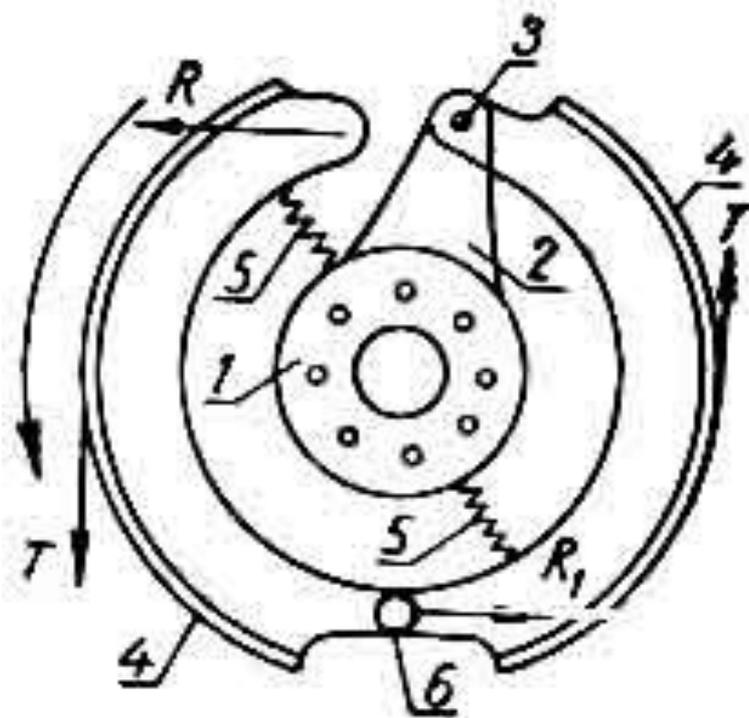


Рис. **Схема колодочного тормоза:**
 1 – корпус; 2 – гидропривод; 3 – ось
 подвески тормозной колодки на
 рычаге гидропривода; 4 –
 тормозные колодки; 5 – пружина; 6 –
 ось подвески тормозных колодок на
 корпусе

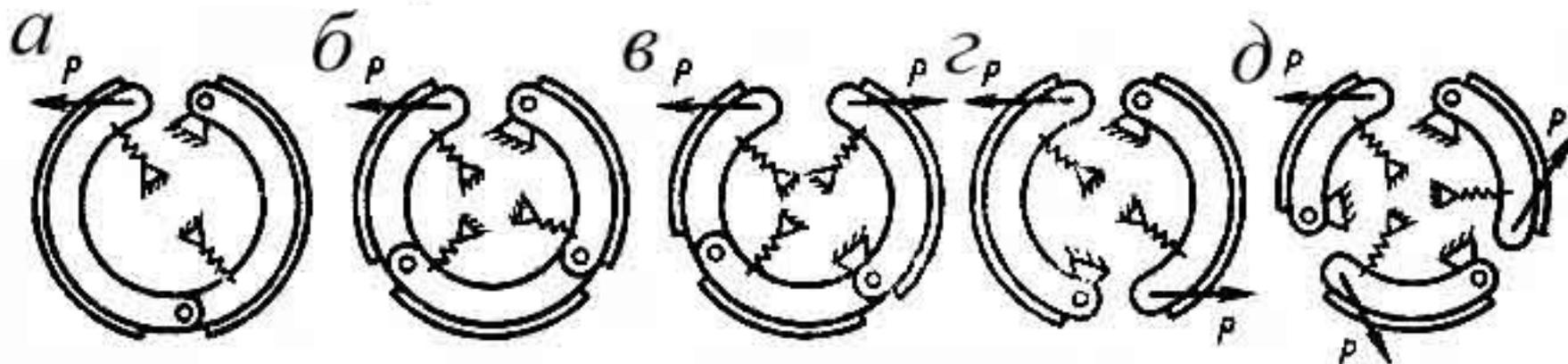


Рис. **Схема колодочных тормозов:**

а – двухколодочный с прицепной колодкой; б – трехколодочный тормоз с двумя прицепными колодками; в – трехколодочный тормоз с одной прицепной колодкой; г – двухколодочный тормоз; д – трехколодочный тормоз

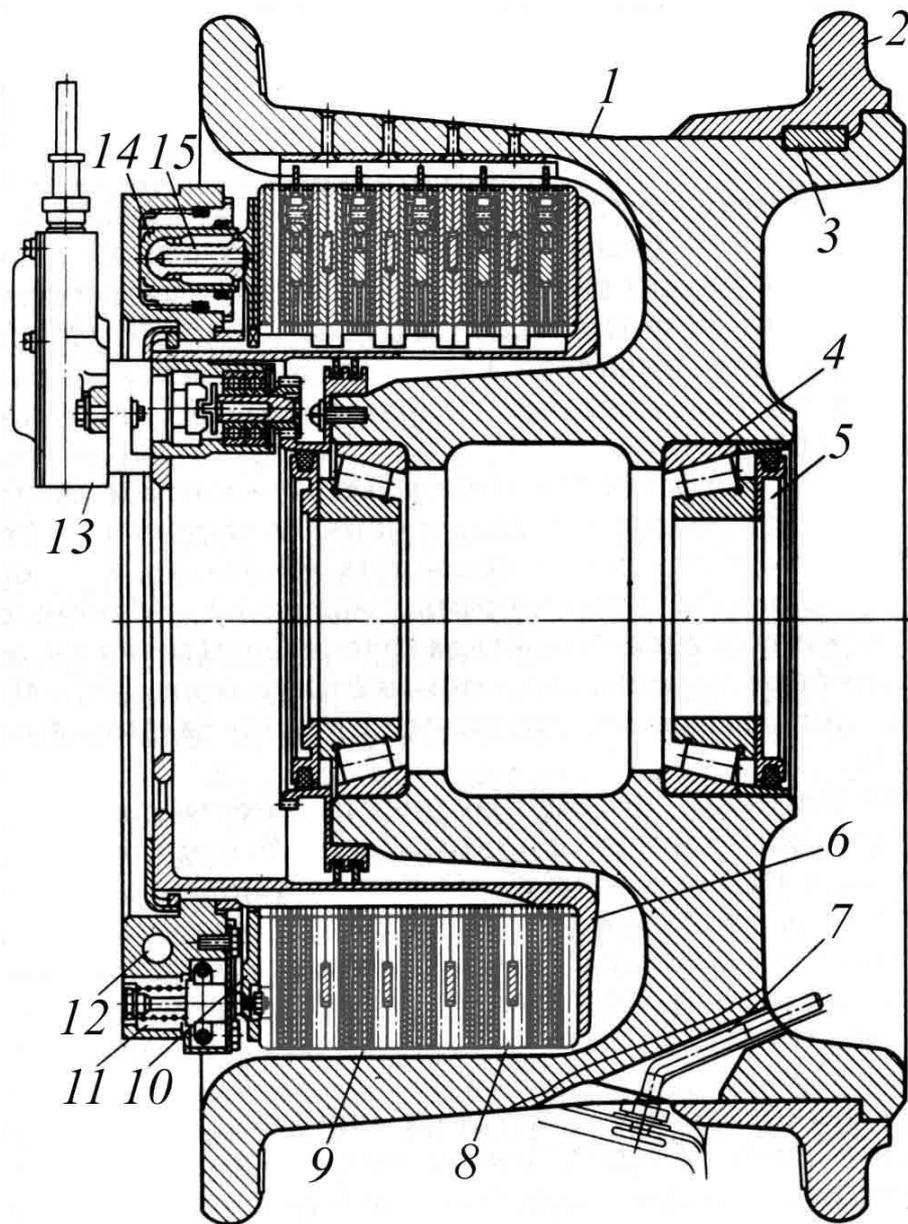


Рис. Колесо с дисковым тормозом:

- 1 – барабан;
- 2 – съемный борт;
- 3 – шпонка;
- 4 – роликовый подшипник;
- 5 – обтюратор;
- 6 – корпус тормоза;
- 7 – вентиль;
- 8, 9 – невращающийся и вращающийся диски;
- 10 – прижимной диск;
- 11 – пружина;
- 12 – блок цилиндров;
- 13 – датчик автомата тормозов;
- 14 – цилиндр;
- 15 – поршень

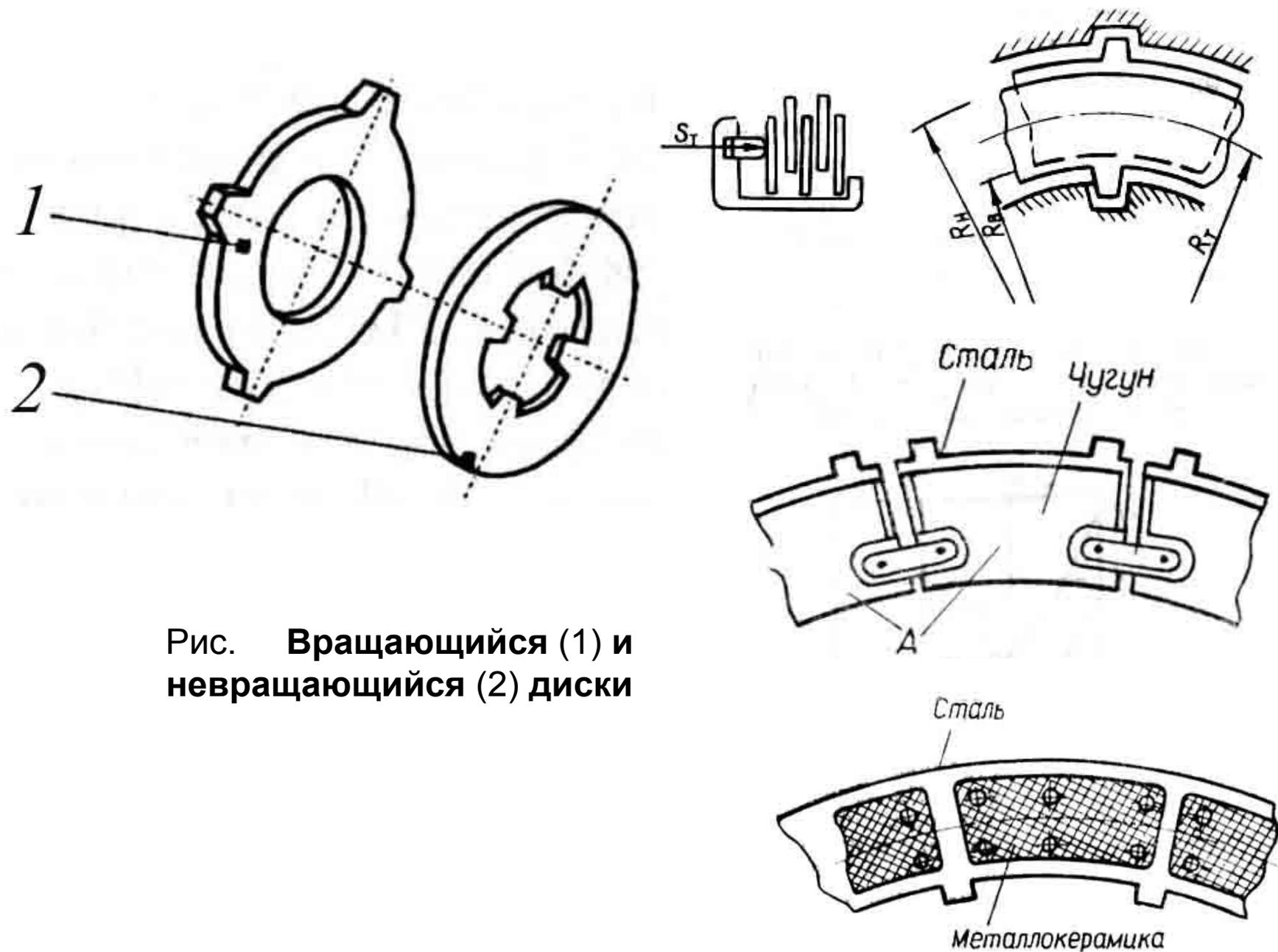


Рис. Вращающийся (1) и не вращающийся (2) диски

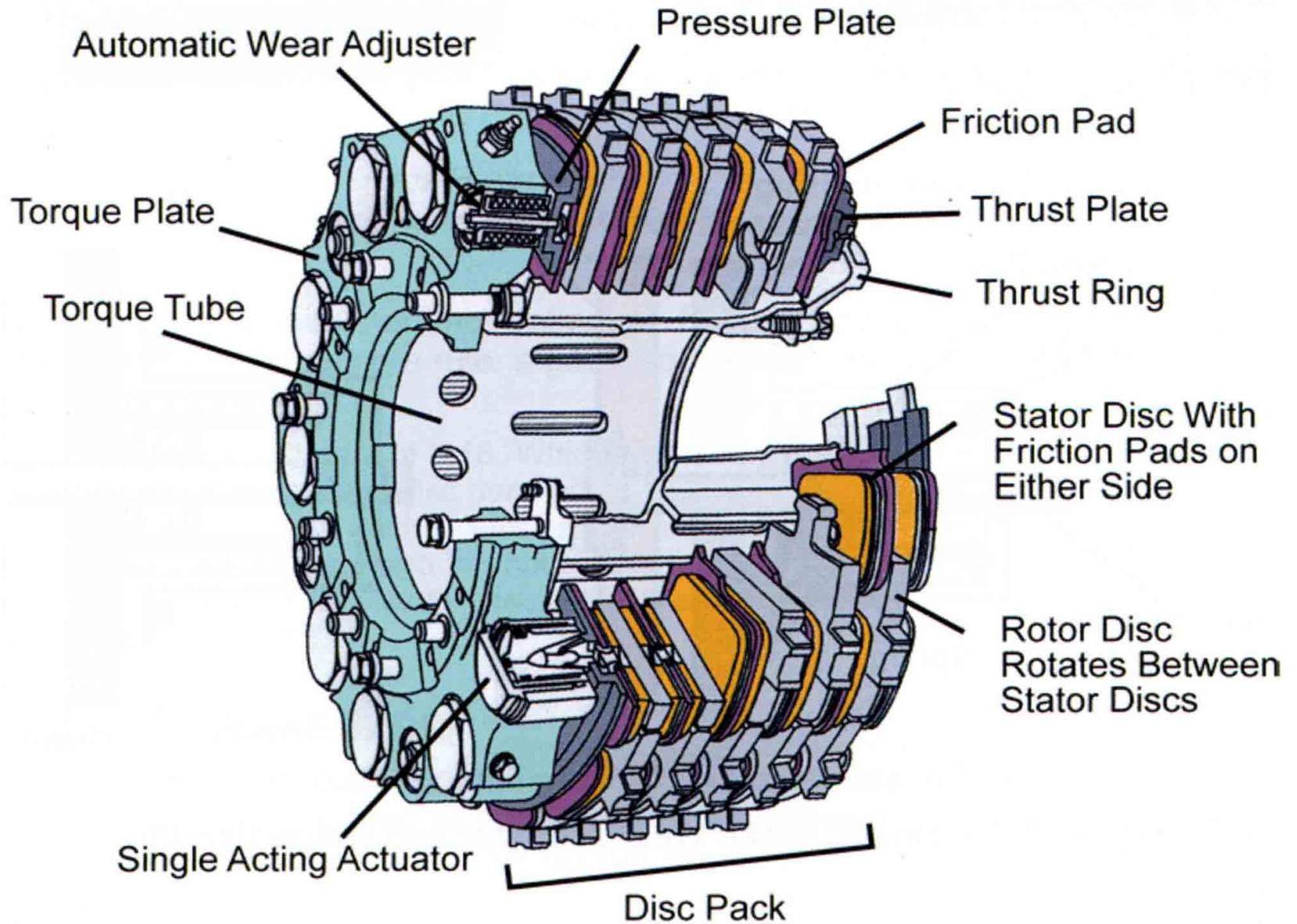


Fig. 8.13 Component Parts of a Multi-Disc Brake



Рис. Биметаллический и металлокерамический диски тормозов



Рис. Узлы и детали дисковых тормозов

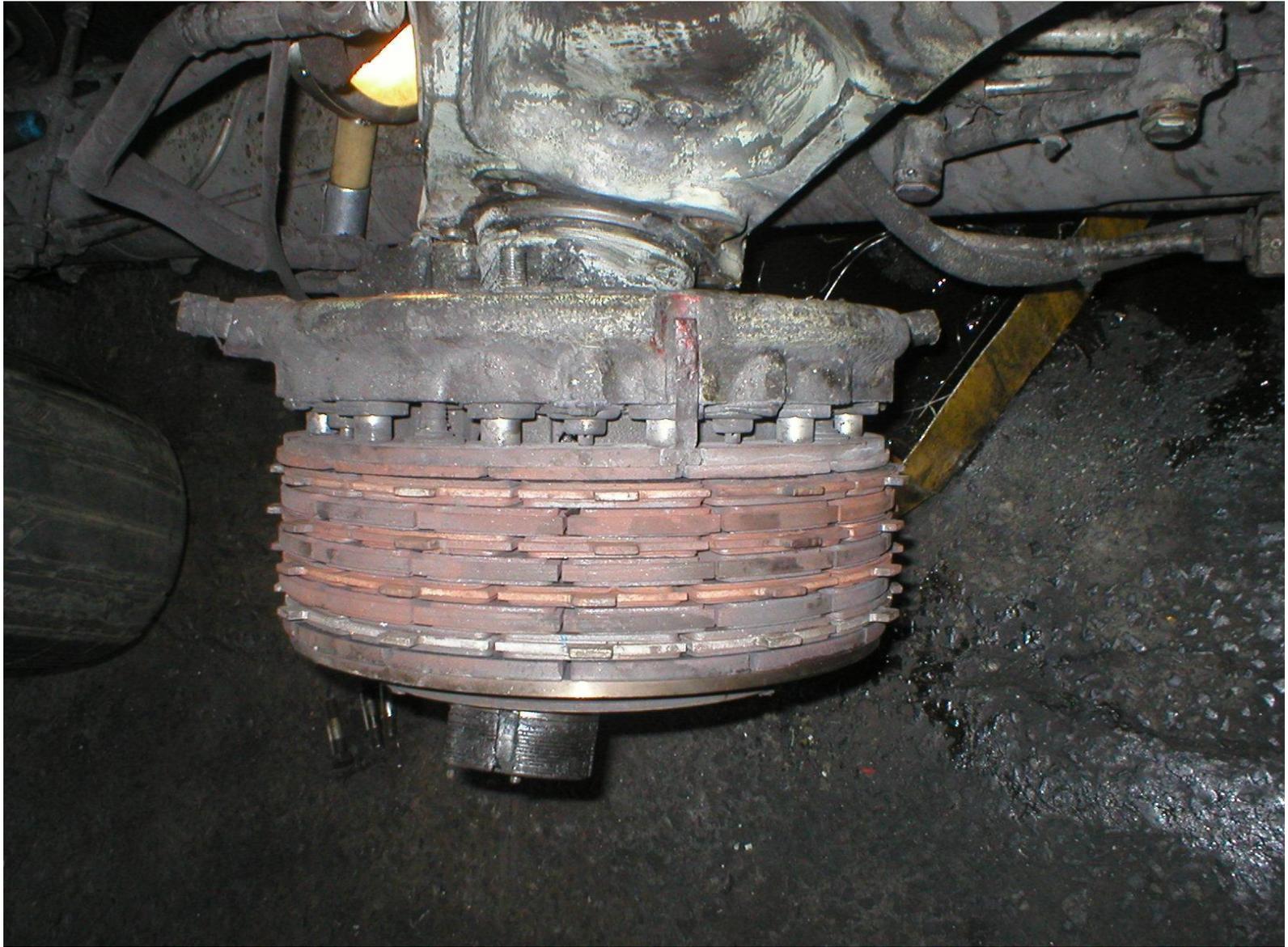


Рис. Узлы и детали дисковых тормозов

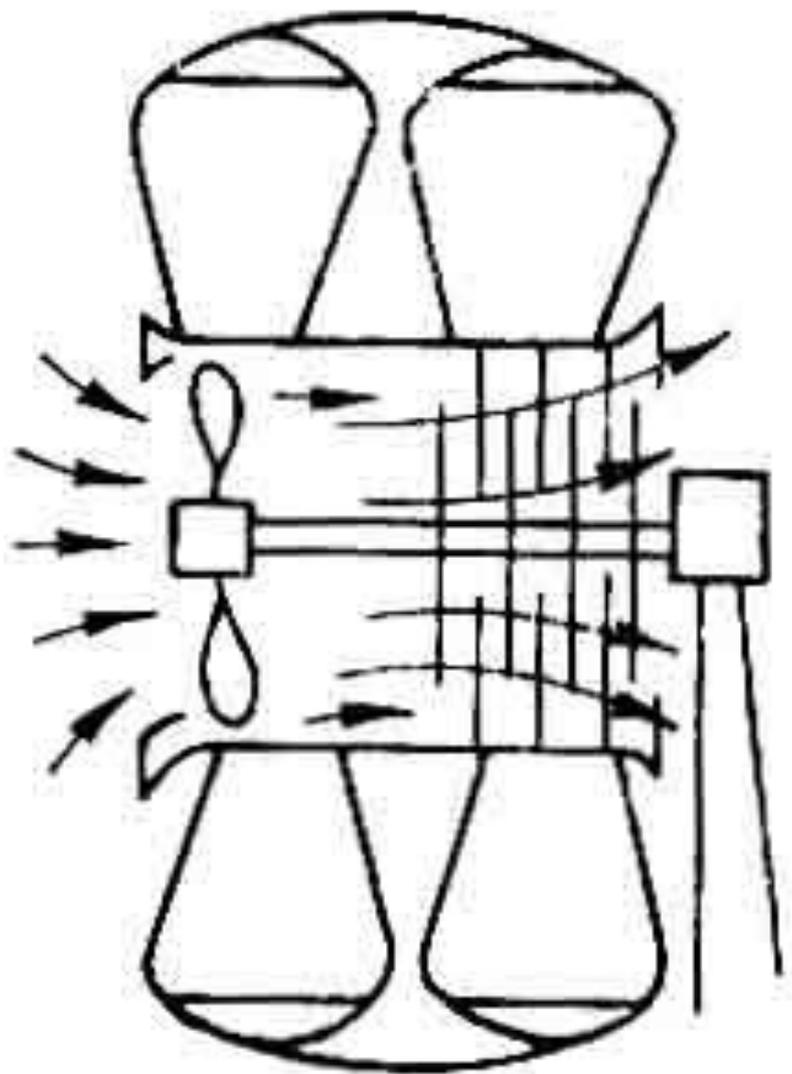


Рис. **Принципиальная
схема**
установки вентилятора для
охлаждения дискового
тормоза и колеса (включается
вентилятор тумблером
«**Вентил. шасси**» у
бортинженера)

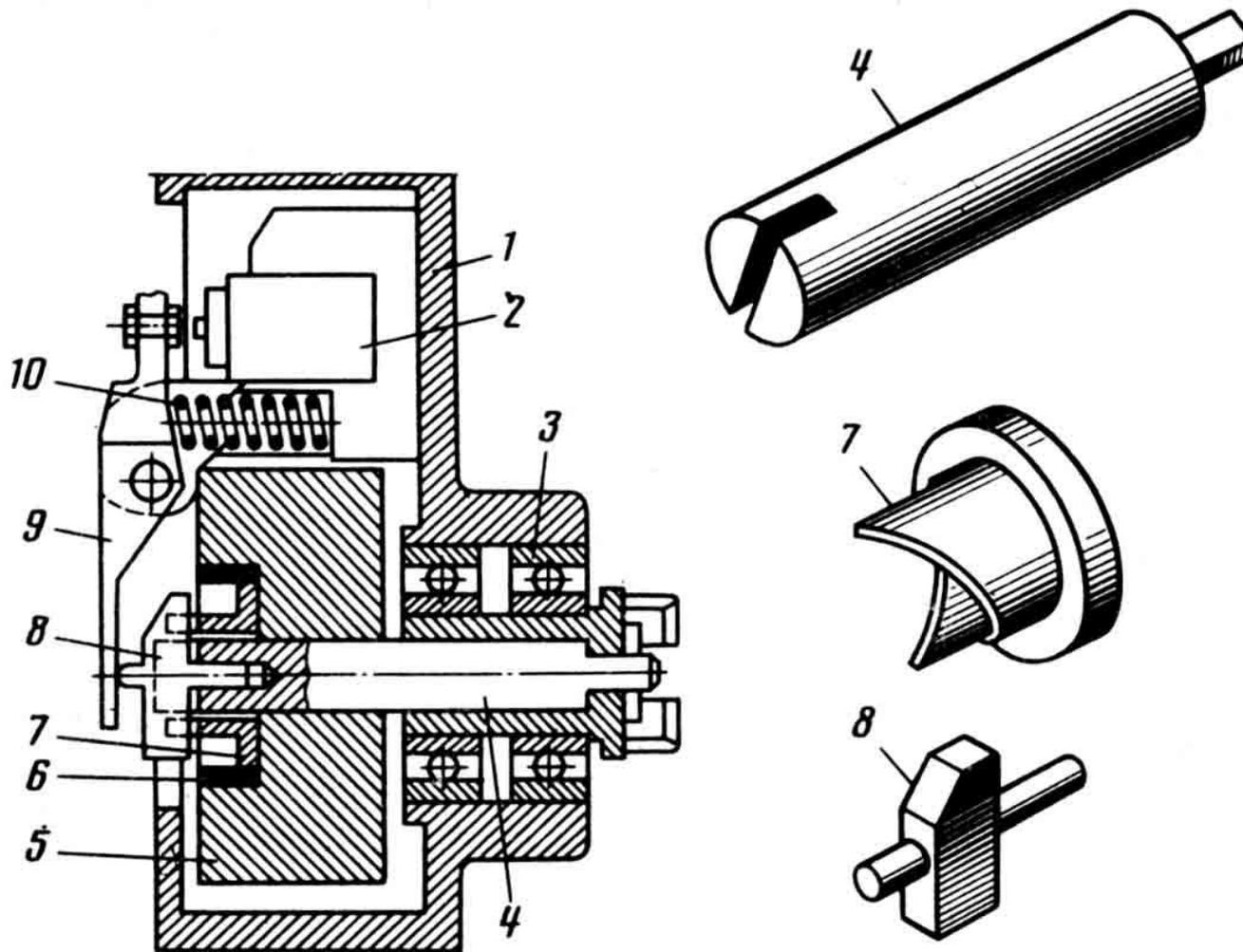
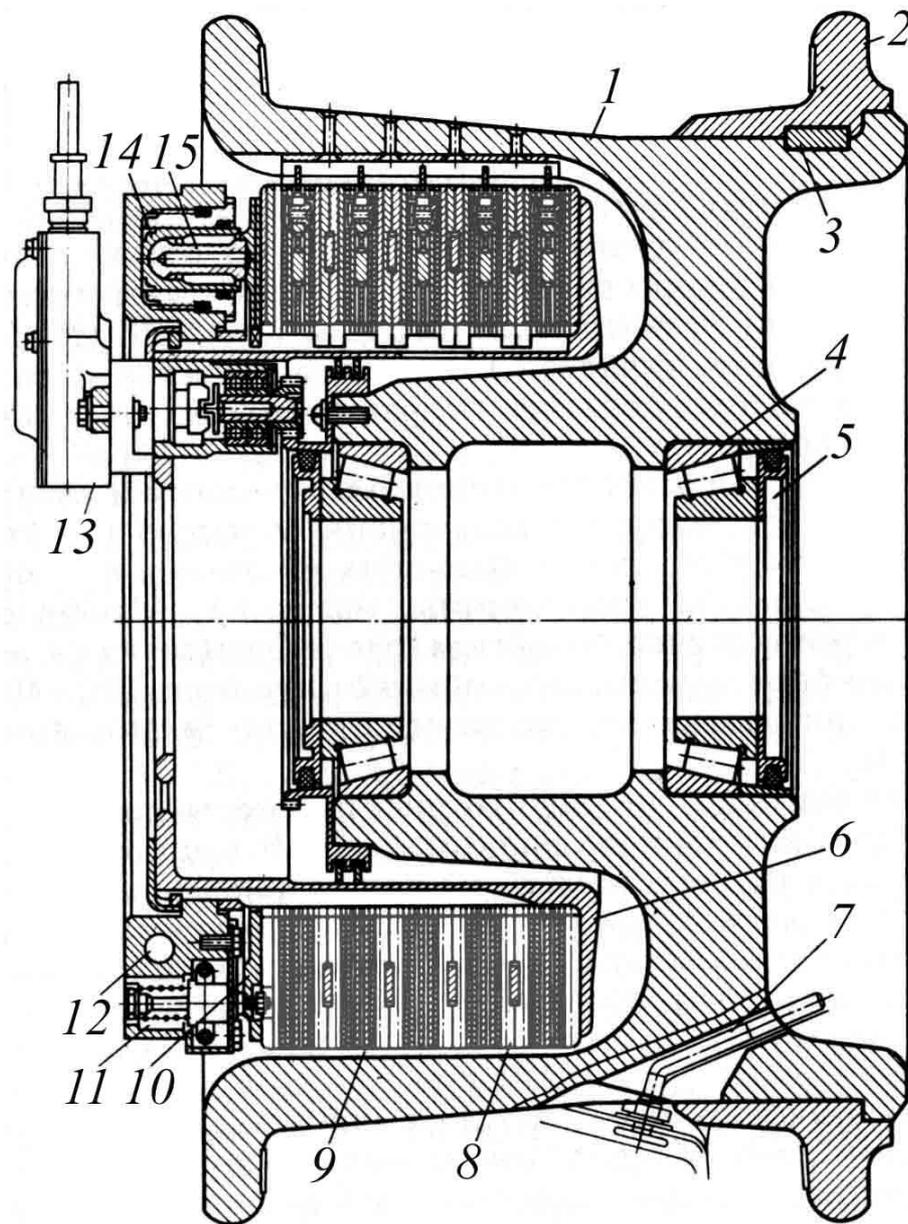


Рис. **Схема датчика автомата тормозов:**

1 – корпус; 2 – концевой выключатель; 3 – шарикоподшипник; 4 – валик; 5 – маховик; 6 – тормозная колодка; 7 – втулка; 8 – толкатель; 9 – рычаг; 10 – пружинная тяга



Датчик автомата тормозов крепится на корпусе тормозного устройства.

Рис. Колесо с дисковым тормозом:

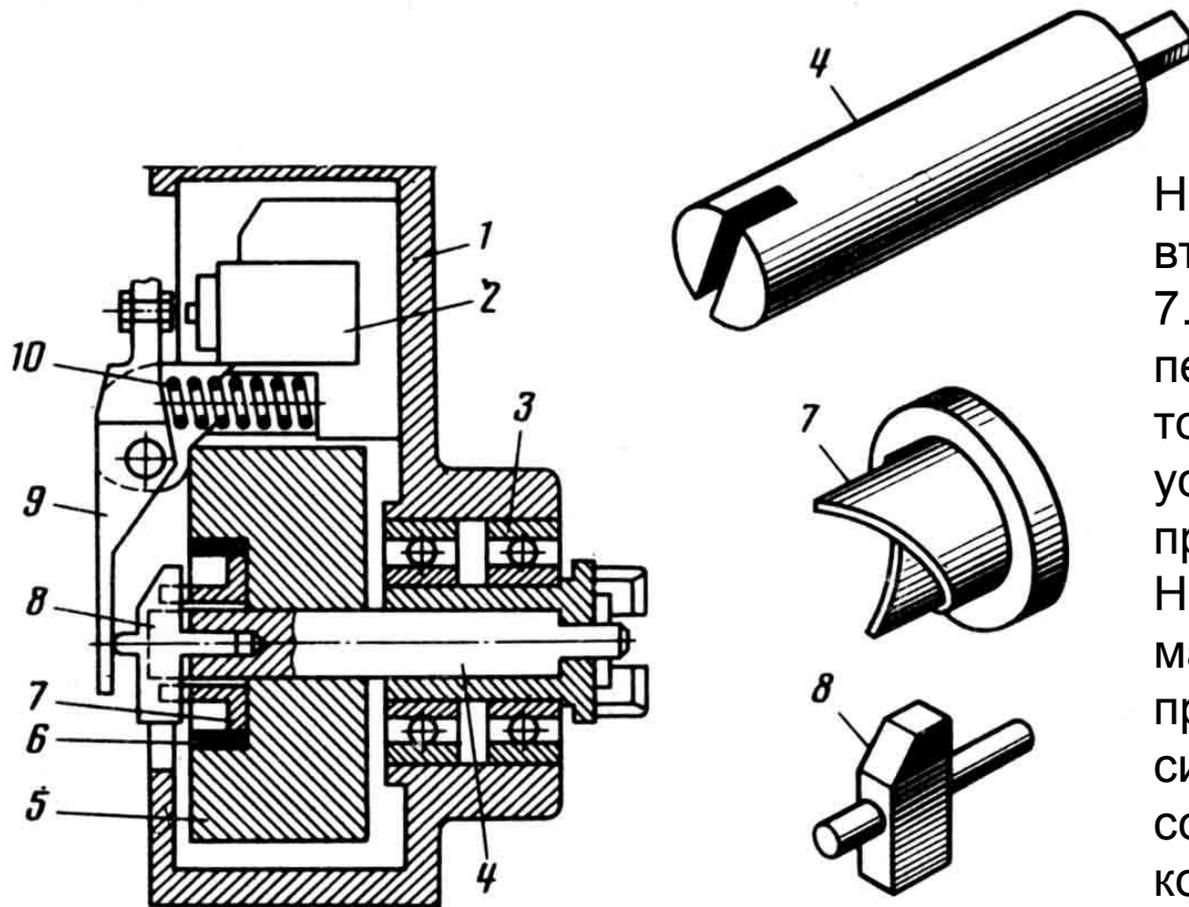
- 1 – барабан;
- 2 – съемный борт;
- 3 – шпонка;
- 4 – роликовый подшипник;
- 5 – обтюратор;
- 6 – корпус тормоза;
- 7 – вентиль;
- 8, 9 – неврвщающийся и вращающийся диски;
- 10 – прижимной диск;
- 11 – пружина;
- 12 – блок цилиндров;
- 13 – датчик автомата тормозов; 14 – цилиндр;
- 15 – поршень



Валик датчика 4 через зубчатое колесо , постоянно находящееся в зацеплении с шестерней на барабане колеса, приобретает от колеса большую частоту вращения.

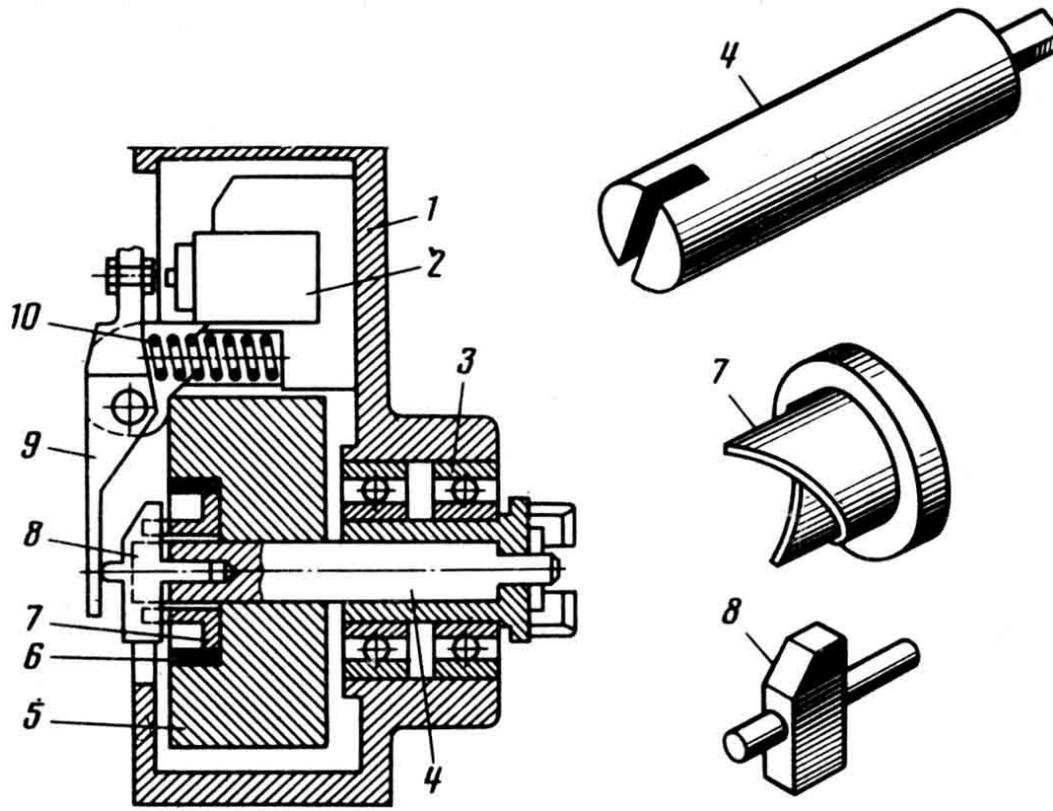


Рис. 18. Разрушение абтюратором привода датчика УА-27



На валик 4 свободно надета втулка с торцовыми скосами 7. Вращение валика 4 передается на втулку 7 с толкателем 8, установленным в продольном пазе валика 4. На втулке установлен маховик 5, удерживаемый от проворачивания на ней силами трения, создаваемыми тормозной колодкой 6.

Рис. Схема датчика автомата тормозов:
 1 – корпус; 2 – концевой выключатель; 3 – шарикоподшипник; 4 – валик; 5 – маховик; 6 – тормозная колодка; 7 – втулка; 8 – толкатель; 9 – рычаг; 10 – пружинная тяга



Вращение колеса через зубчатое соединение, валик 4, толкатель 6 и втулку 7 передается на маховик 5. При резком замедлении вращения колеса (юз) замедляется вращение валика 4, а маховик 5 и втулка 7 по инерции, стремясь сохранить набранную частоту вращения, проворачивается на валике 4 и втулка 7 своими торцовыми скосами выталкивает толкатель 8 влево. Последний (толкатель 8) через рычаг 9 нажимает на концевой выключатель 2, замыкающий электрическую цепь на кран гидросистемы, соединяющий тормоза с линией слива. При падении давления в тормозах колесо раскручивается и толкатель 8 пружиной 10 возвращается в первоначальное положение.

Рис. **Схема датчика автомата тормозов:**
 1 – корпус; 2 – концевой выключатель; 3 – шарикоподшипник; 4 – валик; 5 – маховик; 6 – тормозная колодка; 7 – втулка; 8 – толкатель; 9 – рычаг; 10 – пружинная тяга

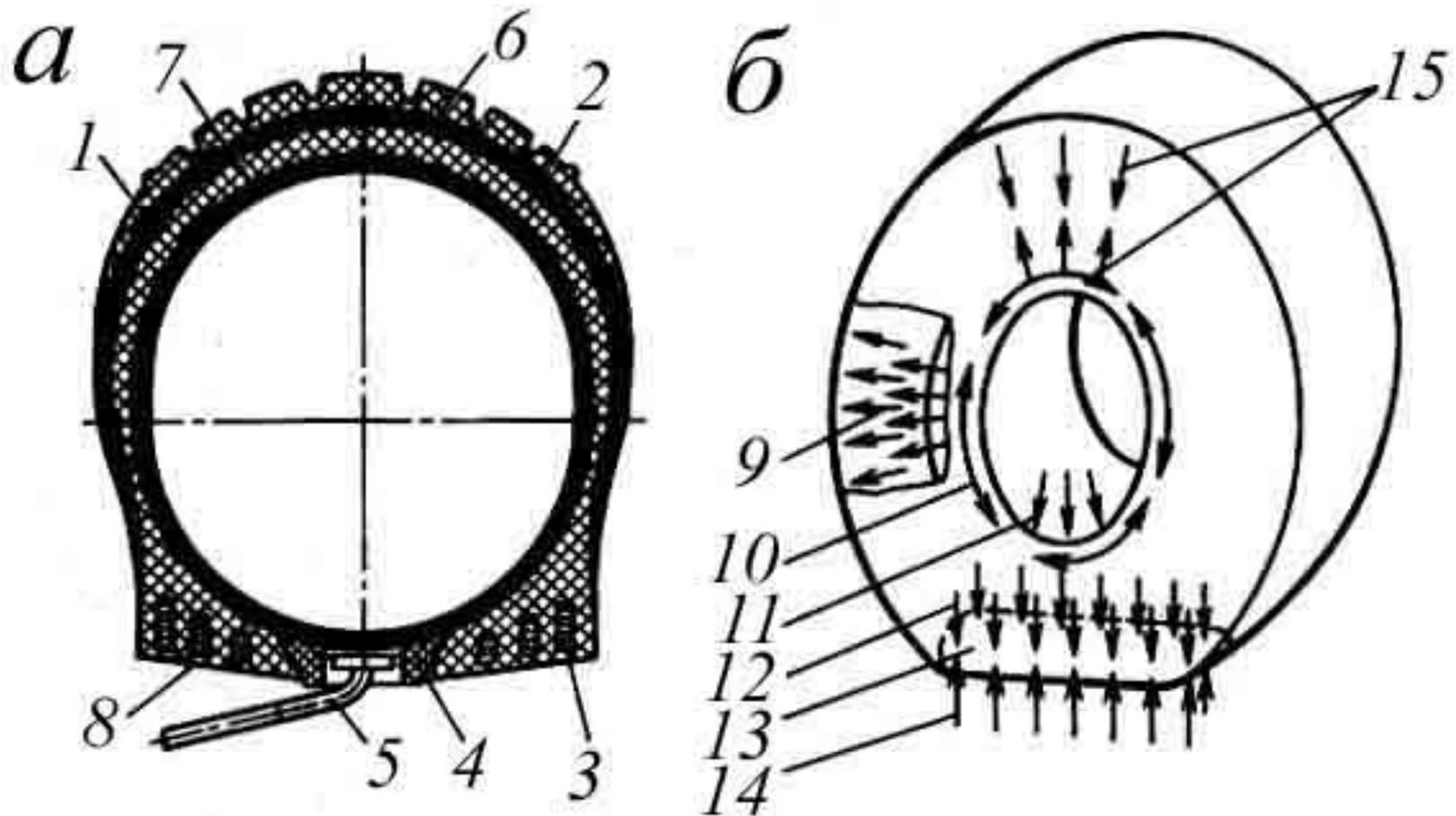


Рис. Камерная авиационная шина:

а – конструкция; б – схема нагружения; 1 – протектор; 2 – каркас, 3 – кольца жесткости; 4 – подпятник; 5 – вентиль; 6 – бреккер; 7 – камера; 8 – борт; 9, 12 – действие избыточного внутреннего давления; 10 – действие напряжения колец жесткости; реакции барабана; 13 – контактная площадь; 14 реакция земли; 15 – действие напряжения стенки покрышки

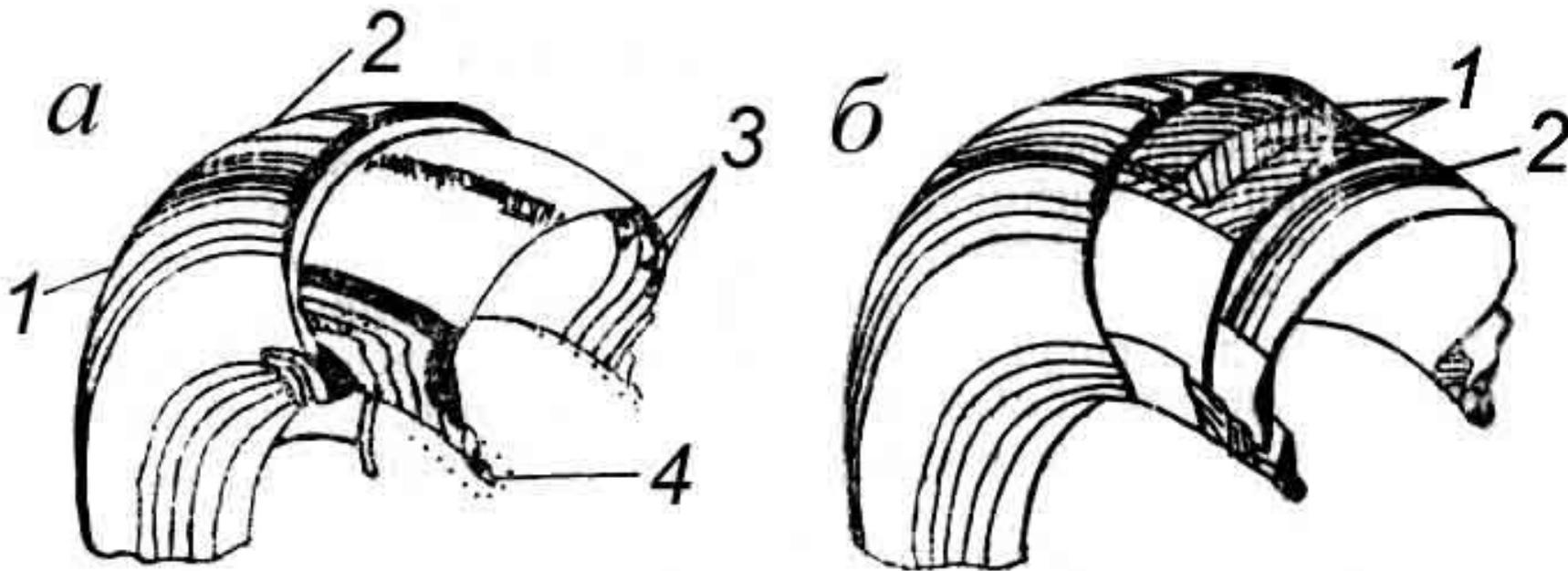


Рис. **Конструкция покрышки пневматика:**

а – обычный пневматик: 1 – покрышка; 2 – высокопрочная теплостойкая резина; 3 – слои корда; 4 – кольца жесткости;

б – пневматик с радиальным расположением корда: 1 – бреккер; 2 – радиальный корд

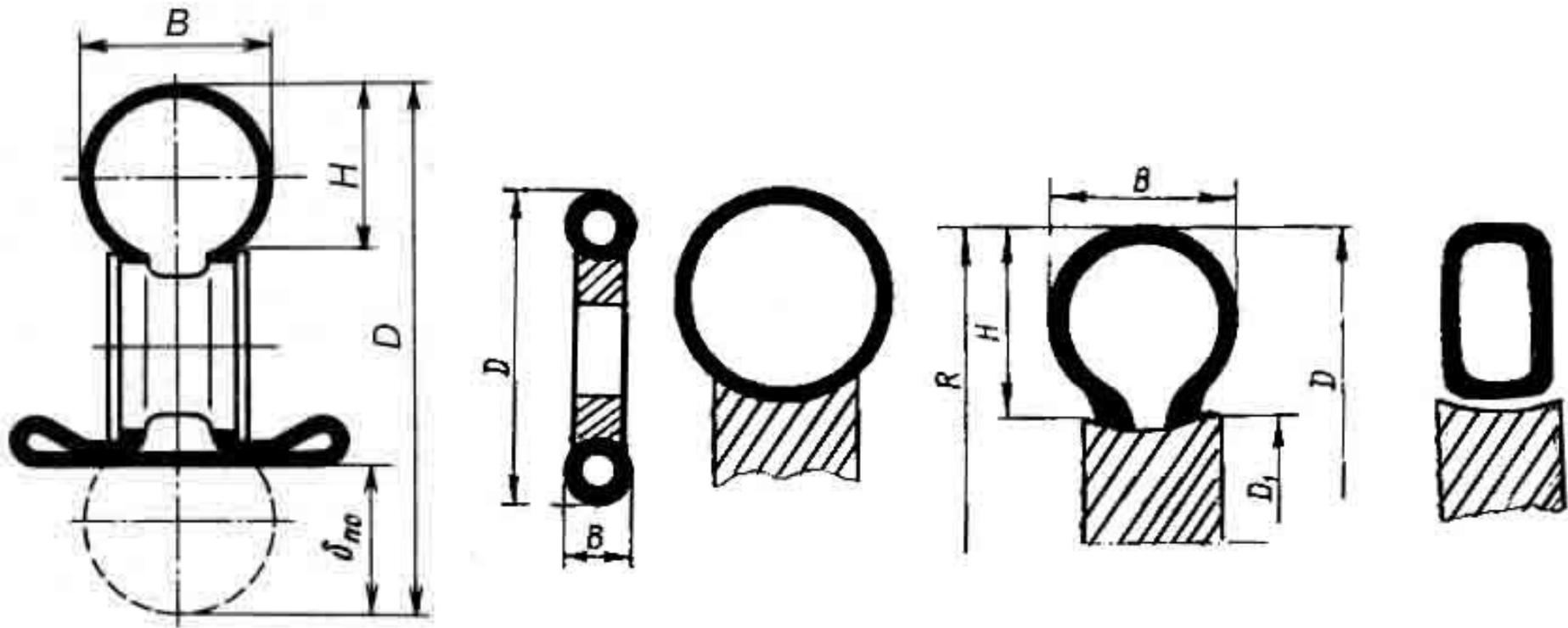


Рис. **Характерные размеры пневматика:**

D - внешний габаритный размер; B - диаметр пневматика; δ_{no} - предельное обжатие

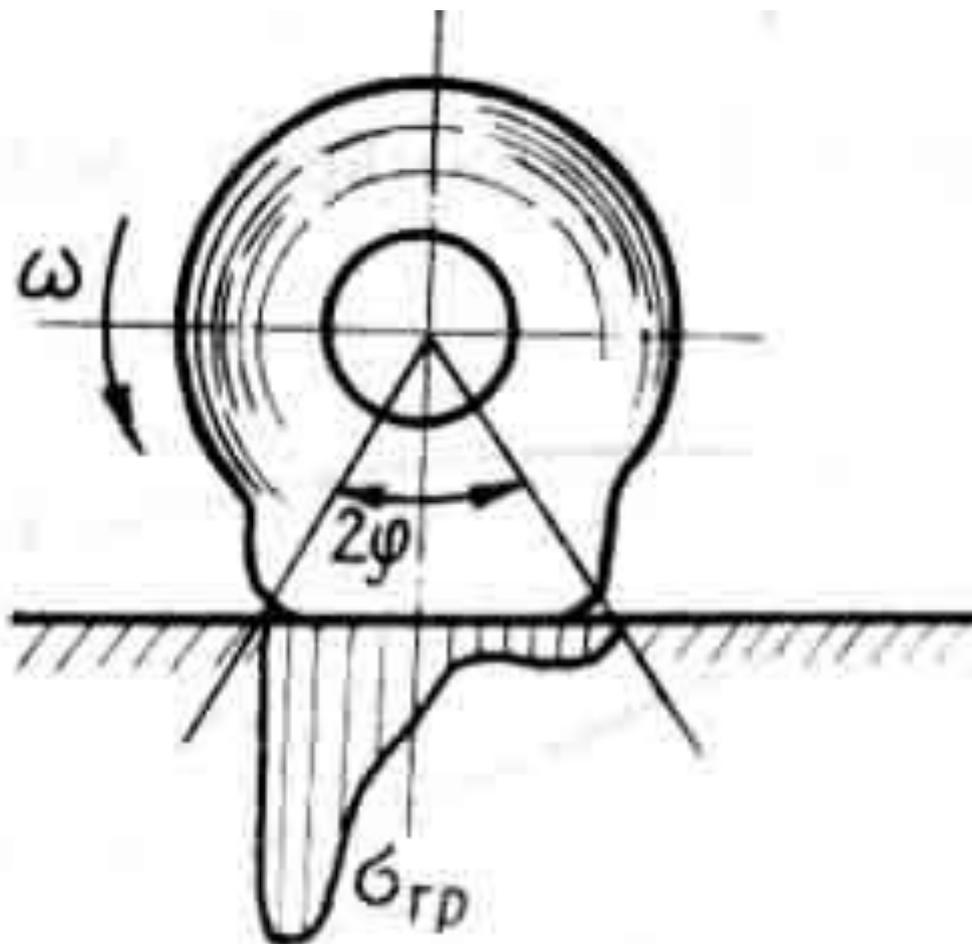


Рис. **Схема деформации пневматика на
участке
соприкосновения колеса с грунтом**

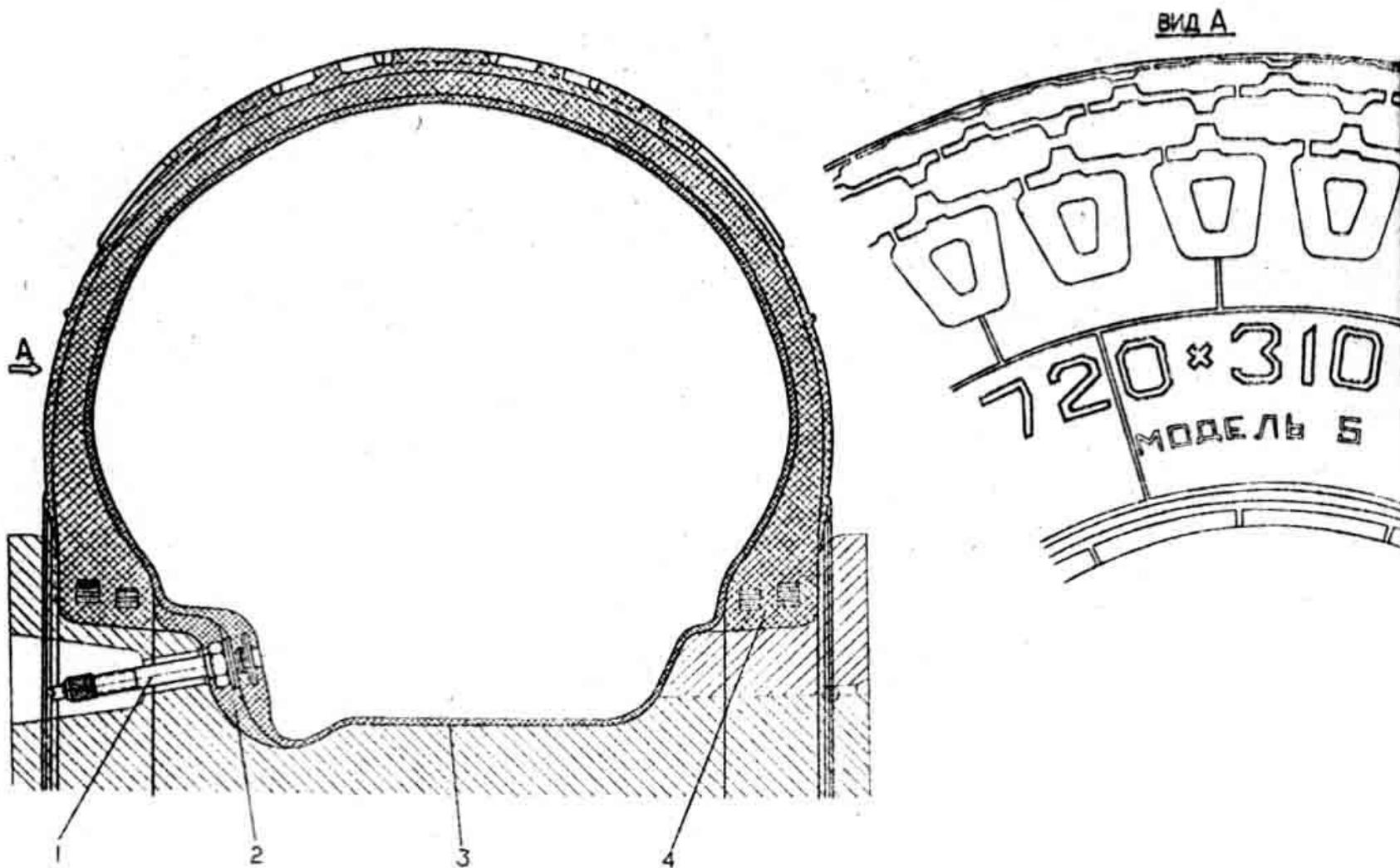


Рис. Пневматик колеса передней ноги:

1 – зарядный вентиль; 2 – подпятник; 3 – камера; 4 - покрышка

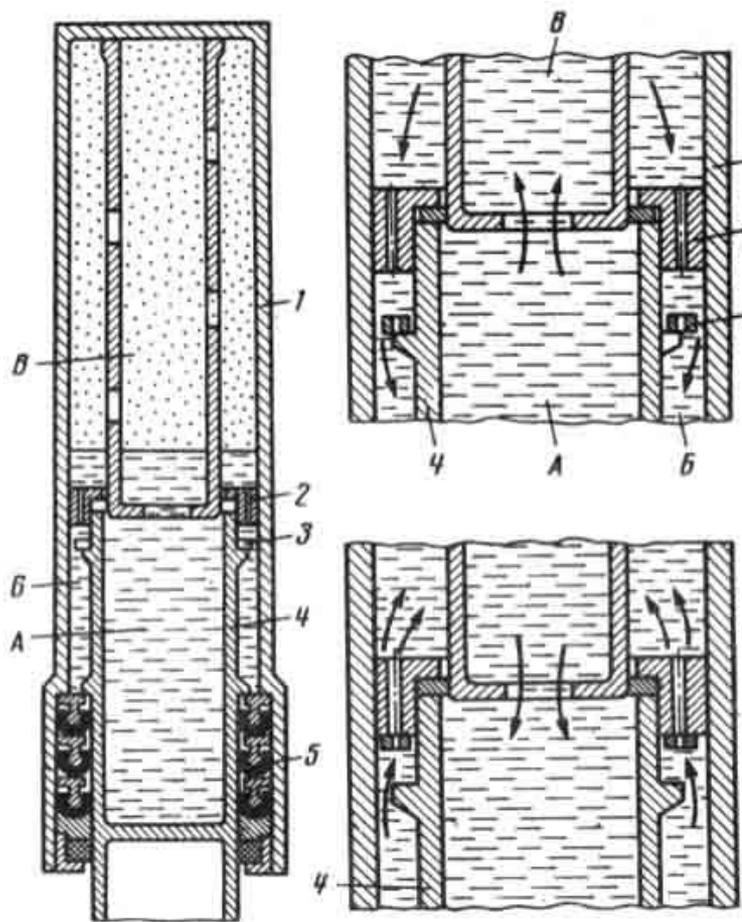


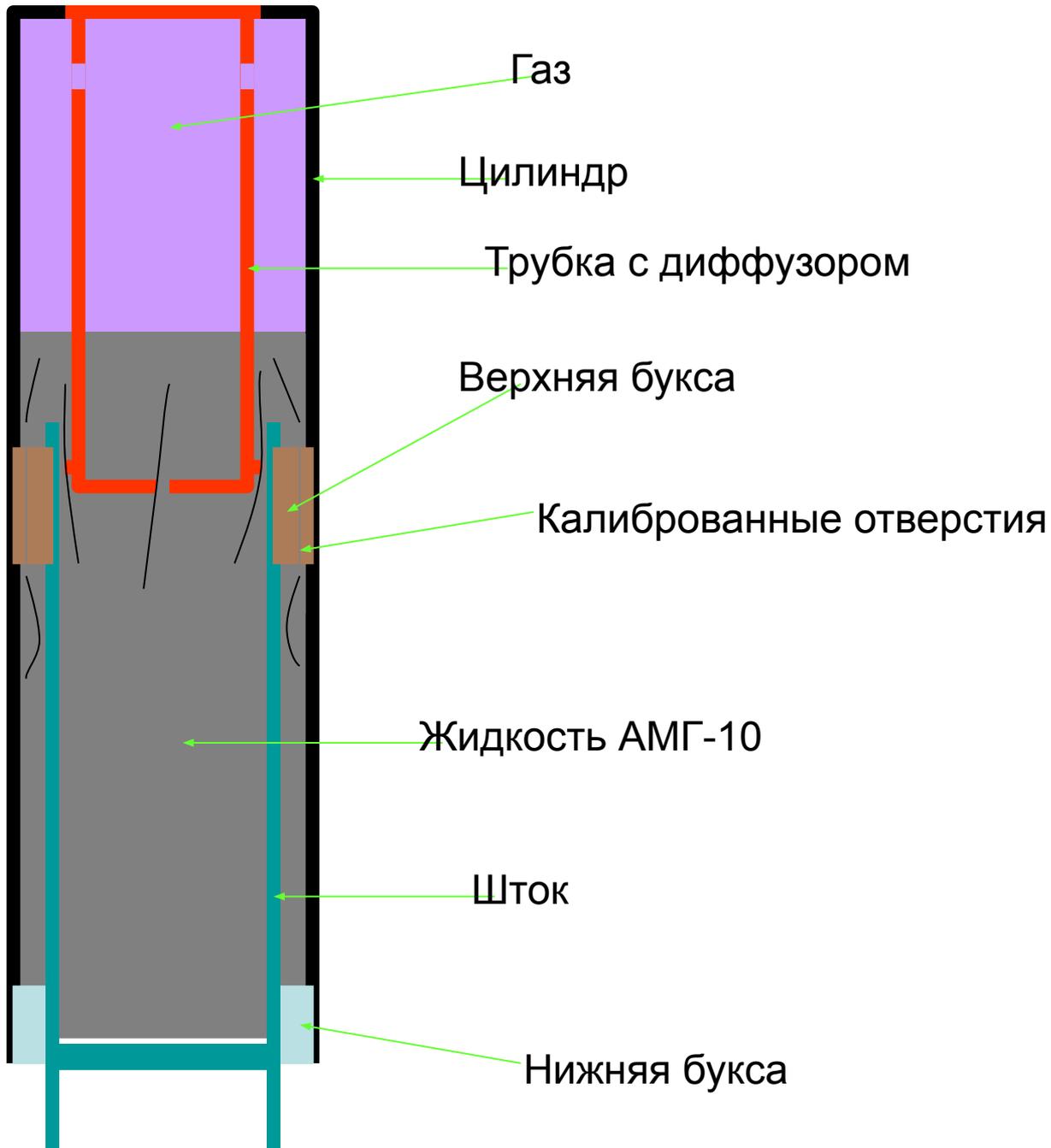
Рис. Схема работы амортизатора:

1 – цилиндр; 2 – бужка; 3 – клапан; 4 – шток;
5 – уплотнение штока

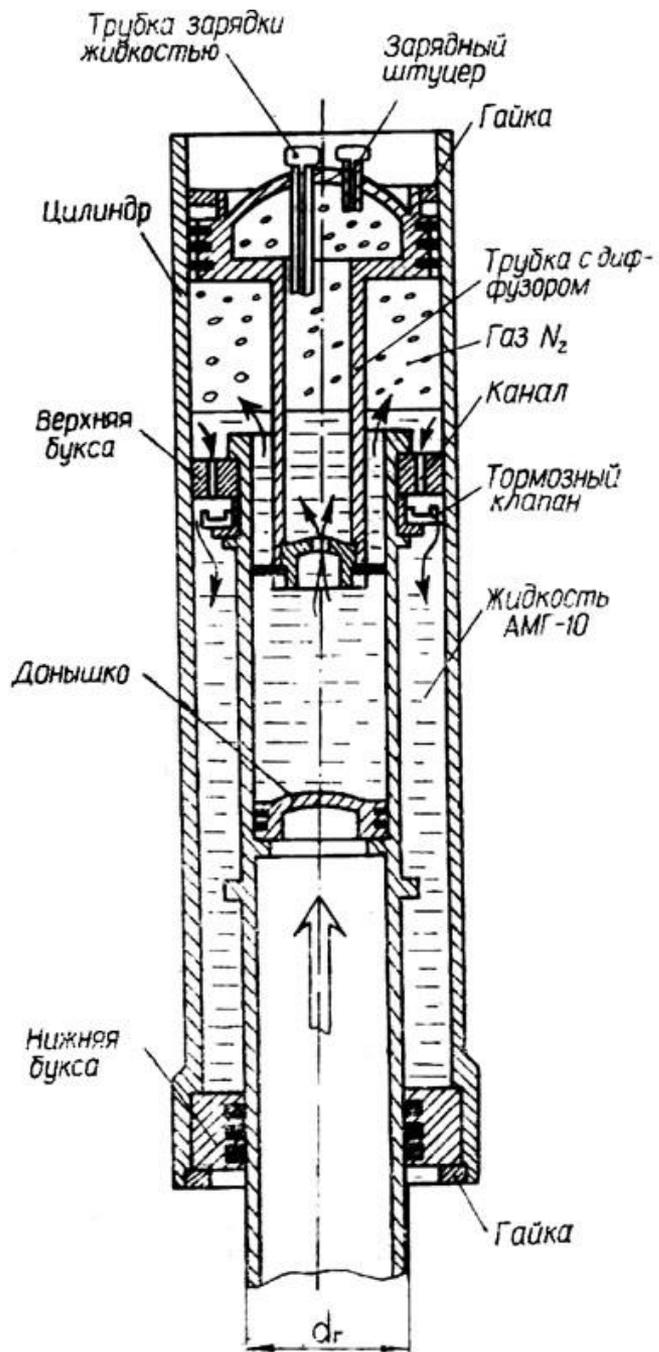
Рассмотрим работу жидкостно-газового амортизатора, представленного на рис. Нижняя полость А, кольцевая полость Б и часть верхней полости В постоянно заполнены жидкостью, остальная часть полости В – сжатым газом. Амортизатор показан в исходном (разжатом) положении. При движении штока вверх под действием внешней нагрузки жидкость из полости А вытесняется через калиброванное отверстие полости В. Часть жидкости из полости В перетекает через отверстия в бужке в полость Б. По мере обжатия амортизатора газ все более сжимается. Энергия удара расходуется на сжатие газа, преодоление гидравлических сопротивлений жидкости, перетекающей из нижней полости в верхнюю, и преодоление сил трения деталей штока и цилиндра.

После поглощения кинетической энергии ВС газ начинает перемещать шток вниз. Жидкость из верхней полости перетекает в нижнюю, а из кольцевой полости вытесняется в верхнюю. Особенностью возвращения жидкости из полости Б в полость В является то, что она преодолевает при этом большие гидравлические сопротивления в отверстиях клапана 5, прижатого к бужке 2 давлением жидкости (при прямом ходе амортизатора клапан находился в нижнем положении, оставляя отверстия в бужке открытыми для свободного заполнения полости Б жидкостью).

Таким образом, при разжатию амортизатора часть потенциальной энергии газа расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений жидкости, перетекающей из кольцевой полости Б в верхнюю полость В, часть – на преодоление сил трения и перемещение вверх ВС.



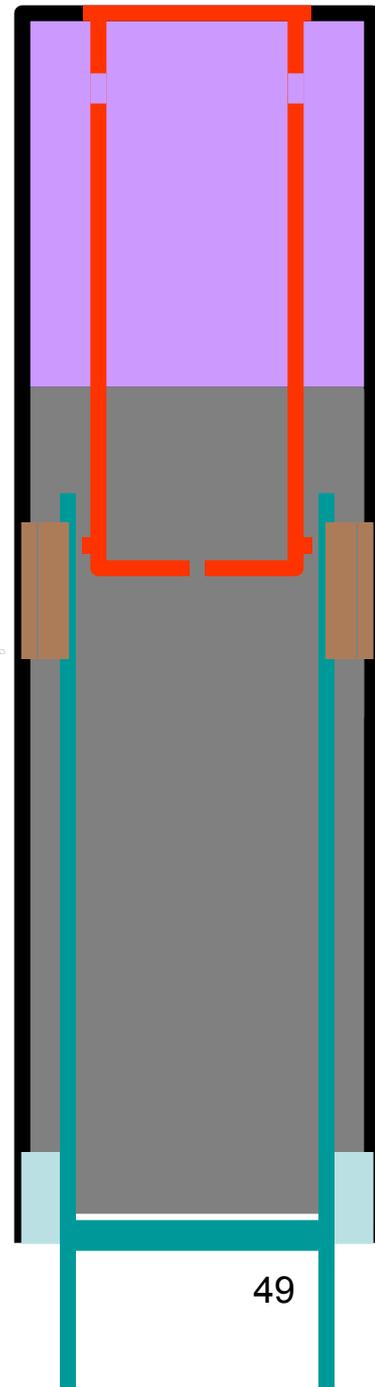
Общая схема амортизатора



Общая схема амортизатора

Параметры Амортизатора

- Эксплуатационная работа амортизатора $A_{ам}^э$
- Эксплуатационный ход амортизатора $S_{ам}^э$
- Максимальный ход амортизатора $S_{ам}^{max}$
- Начальный объём газа V_0
- Потребный уровень жидкости над газовым поршнем $h_{ож}$
- Площадь каналов для перетекания жидкости $f_{ж}$
- Площадь газого поршня $F_{г}$



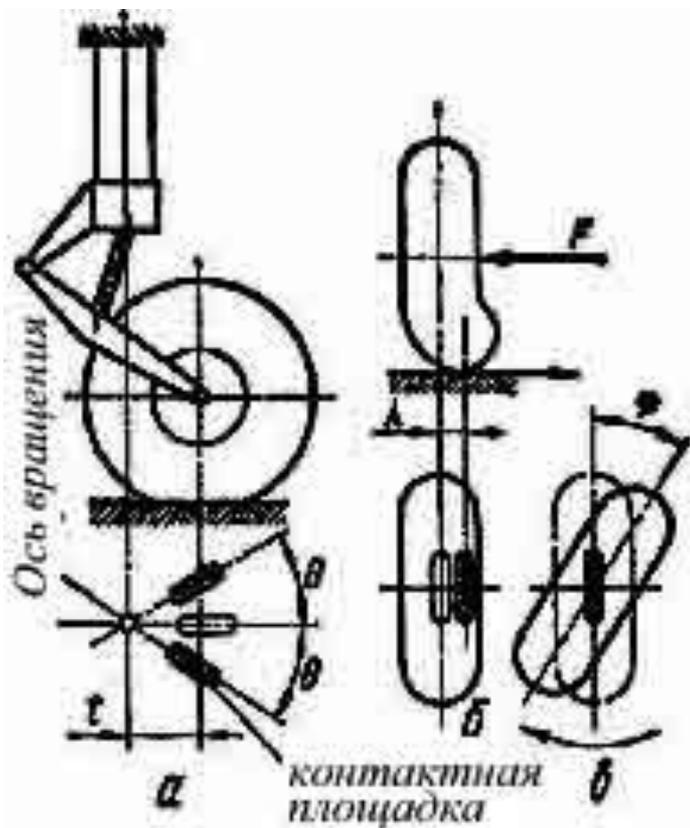


Рис. Схема колебаний шимми

ШИММИ — (англ. **shimmy** - название быстрого танца) - интенсивные колебания в системе управляемых колес и передней подвески автомобиля при движении по неровной дороге или носового колеса трехколесного шасси самолета при разбеге, пробеге или рулежке из-за люфтов в креплениях и деформаций носовой стойки и пневматика.

Самовозбуждающиеся колебания шимми могут быть вызваны колесом передней опоры при определенной скорости движения ВС по аэродрому. Скорость движения ВС, при которой возникают самовозбуждающиеся колебания, называется **критической скоростью шимми**.

Их возникновение связано с боковыми нагрузками на переднее колесо в результате наезда на неровности, посадки со сносом и др.

Поддерживаются колебания энергией движения ВС по земле.

Если самолет движется с небольшой скоростью, то случайный разворот колеса приведет к развороту самолета в этом же направлении.

При большой скорости движения и резком повороте переднего колеса самолет не последует в направлении повернутого колеса, а будет двигаться по инерции в прежнем направлении. На колесе появится боковая сила трения F (рис.), которая вызовет деформацию шины и изгиб стойки. У деформированной шины площадь касания колеса о землю и точка приложения реакции земли R смещены от оси стойки на некоторое расстояние a , что вызывает дополнительный изгибающий момент

$$\Delta M_{из} = Ra.$$

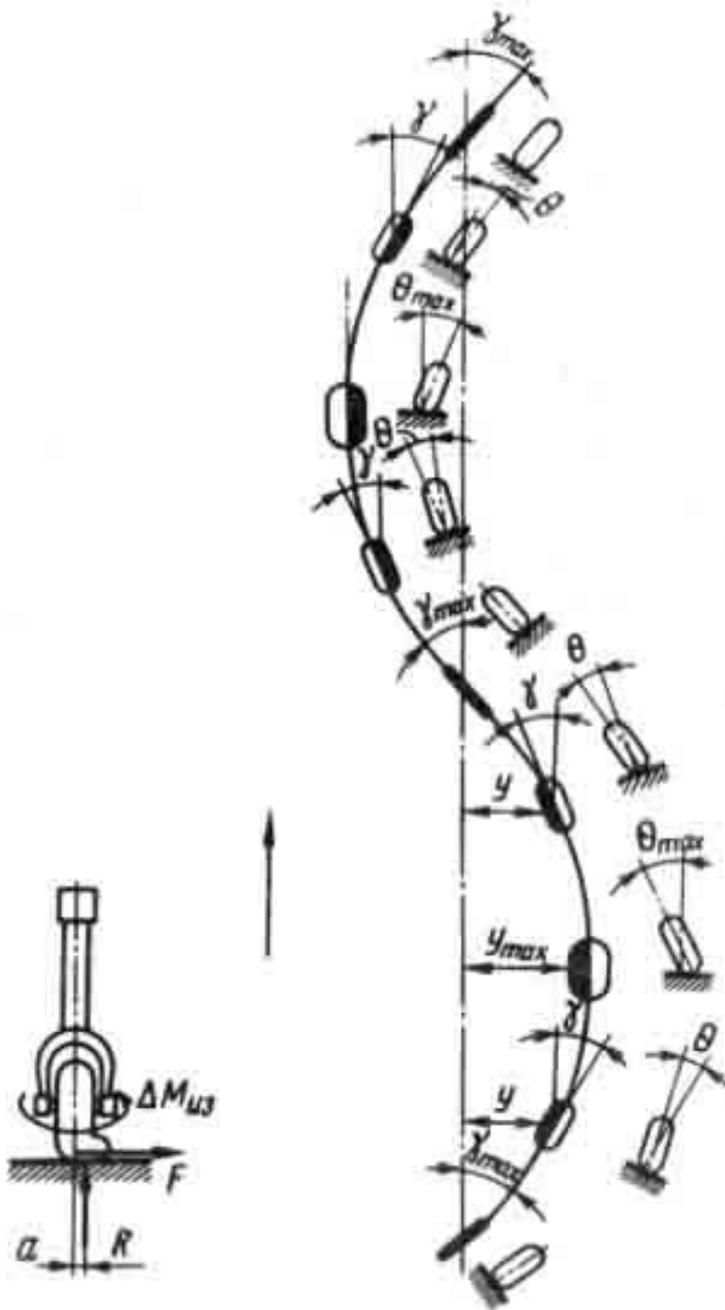
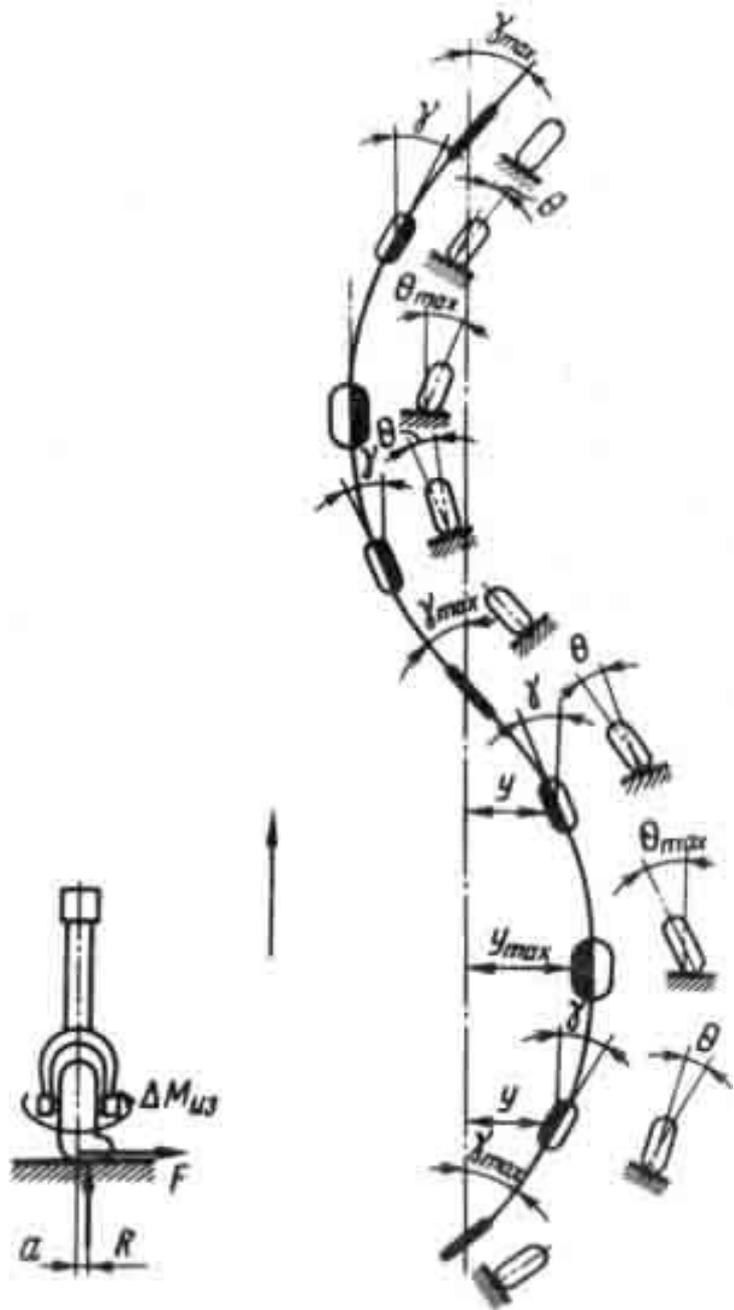
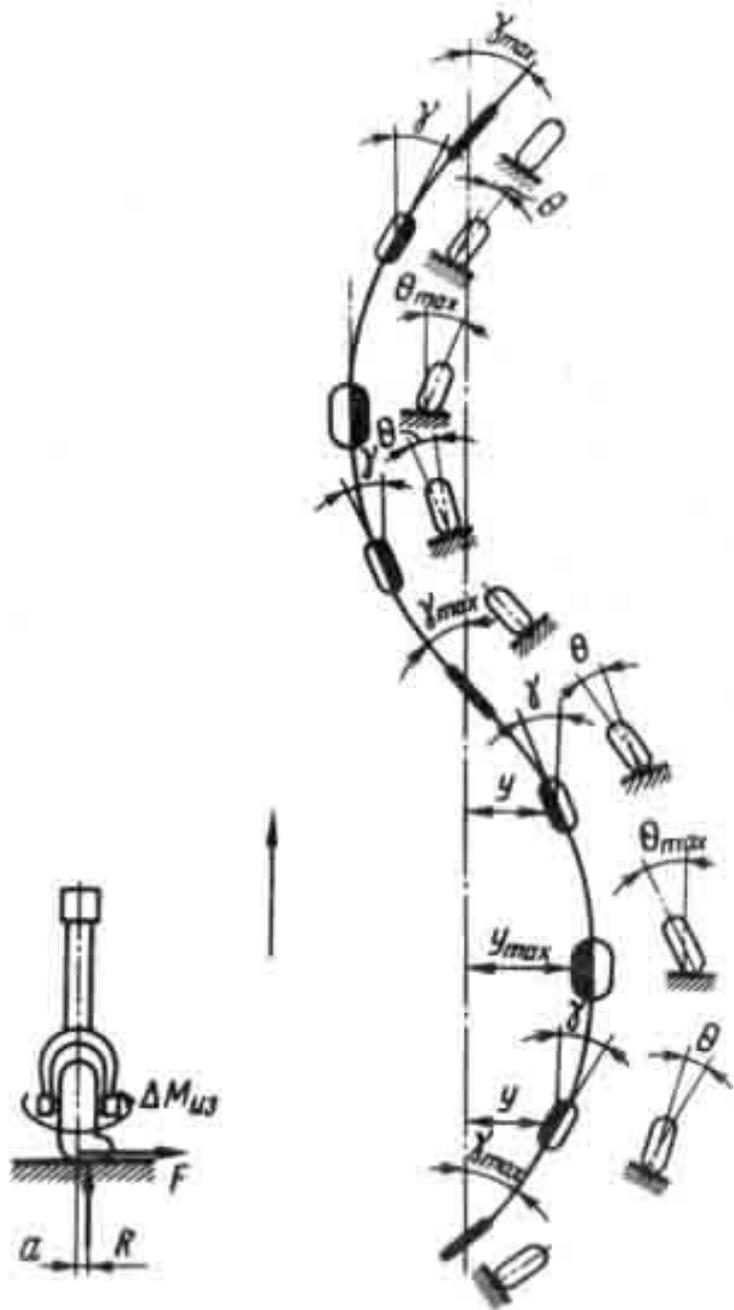


Рис. Схема колебаний шимми



Смещение площади контакта колеса с землей и изгиб стойки можно рассматривать как наклон плоскости колеса на угол θ , а ось колеса на этот же угол θ наклонится к плоскости земли. Наклоненное самоориентирующееся колесо не может двигаться прямолинейно и начинает смещаться по кривой в сторону наклона. В начальный момент колебательного движения плоскость вращения колеса перпендикулярна к земле и угол наклона колеса $\theta = 0$, а угол разворота колеса относительно стойки γ имеет максимальное значение. Затем угол разворота колеса относительно стойки γ уменьшается, а угол наклона колеса θ увеличивается.

Рис. Схема колебаний шимми



При максимальном прогибе стойки γ_{max} угол разворот колеса становится равным нулю, а угол наклона колеса достигает наибольшего значения θ_{max} . Возвращение колеса к исходному положению происходит под действием силы упругости стойки. Колесо при этом разворачивается в другую сторону, и шина деформируется также в другую сторону. Угол разворот колеса θ начнет уменьшаться, а угол прогиба стойки γ – увеличиваться в противоположном направлении. В момент пересечения колесом оси движения ВС угол разворот колеса θ становится равным нулю, а угол прогиба стойки γ достигает максимального значения. Далее картина повторяется с отклонением стойки в другую сторону.

Рис. Схема колебаний шимми

Использованная литература:

- 1. Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: Учебник для вузов гражданской авиации/ М. С. Воскобойник, П. Ф. Максютинский, К. Д. Миртов и др.; Под общ. Ред. К. Д. Миртова, Ж. С. Черненко. – М.: Машиностроение, 1991. – 448 с.: ил.*
- 2. Черненко Ж. С. Сабитов Н. Г., Гаража В. В. и др. Конструкция и прочность воздушных судов: Учебное пособие / Ж. С. Черненко, Н. Г. Сабитов, В. В. Гаража, И. П. Челюканов, И. Г. Павлов. – Киев : КИИГА, 1985. – 88 с.*
- 3. Гребеньков О. А. Конструкция самолетов: Учеб. пособие для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с., ил.*
- 4. Кузнецов А. Н. Основы конструкции и технической эксплуатации воздушных судов: Учеб. для сред. Спец. Учеб. заведений. М.: Транспорт, 1990. – 294 с.*
- 5. Кан С. Н. Прочность самолета: Учеб. пособие для авиационных техникумов. – М: Оборонгиз, 1946. - 292 с.*

Якущенко В.Ф. Конструкция и прочность воздушных судов:
Учебное пособие / СПбГУГА. С.-Петербург, 2009.