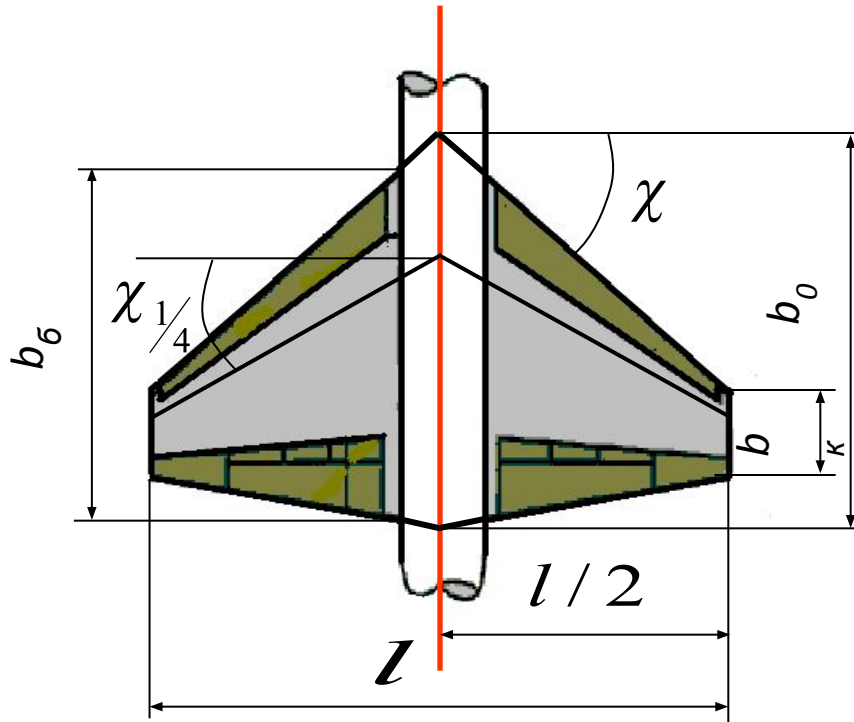


Геометрические характеристики крыла



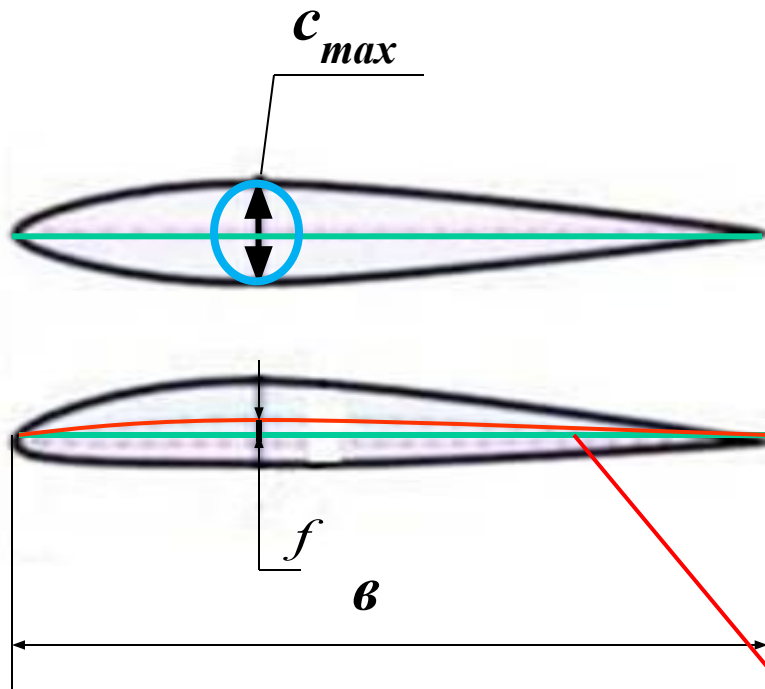
- S - площадь крыла;
- l - размах крыла;
- b_0 - центральная хорда;
- $b_{1/4}$ - бортовая хорда;
- b_k - концевая хорда;
- χ - угол стреловидности;
- $\chi_{1/4}$ - угол стреловидности по $1/4$ хорд;
- $\lambda = l^2/S$ - удлинение крыла;
- $\eta = b_0/b_k$ - сужение крыла.

Рис. 2.1.



Рис.2.6.

Профиль крыла - форма сечения крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии самолёта.



b - хорда профиля
 c - толщина профиля
 f - кривизна профиля
 c_{max} - максимальная толщина профиля - это диаметр максимальной окружности вписанной в профиль

Средняя линия
профиля

Рис. 2. 5.

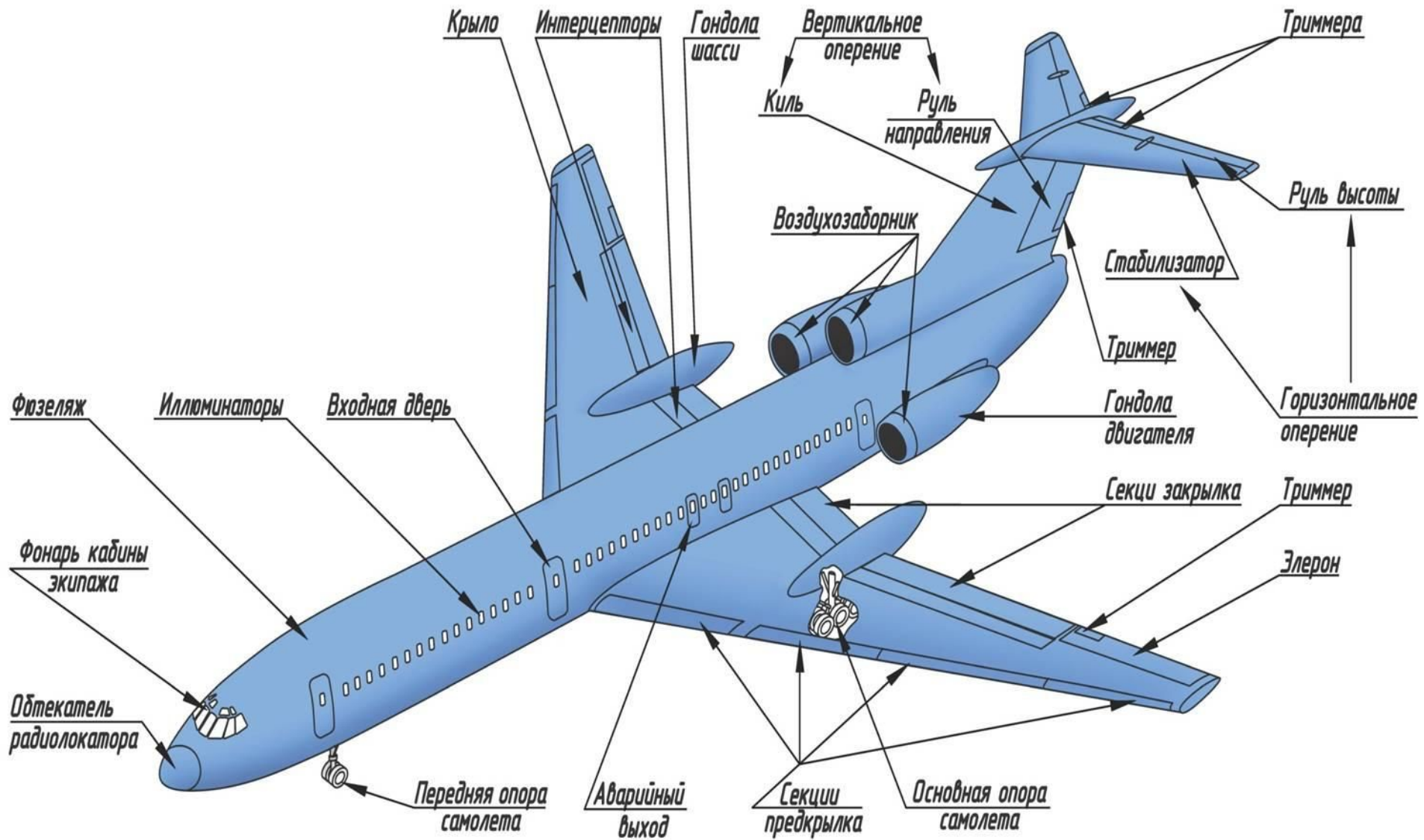


Рис. 1.54.



Рис. 1.61.

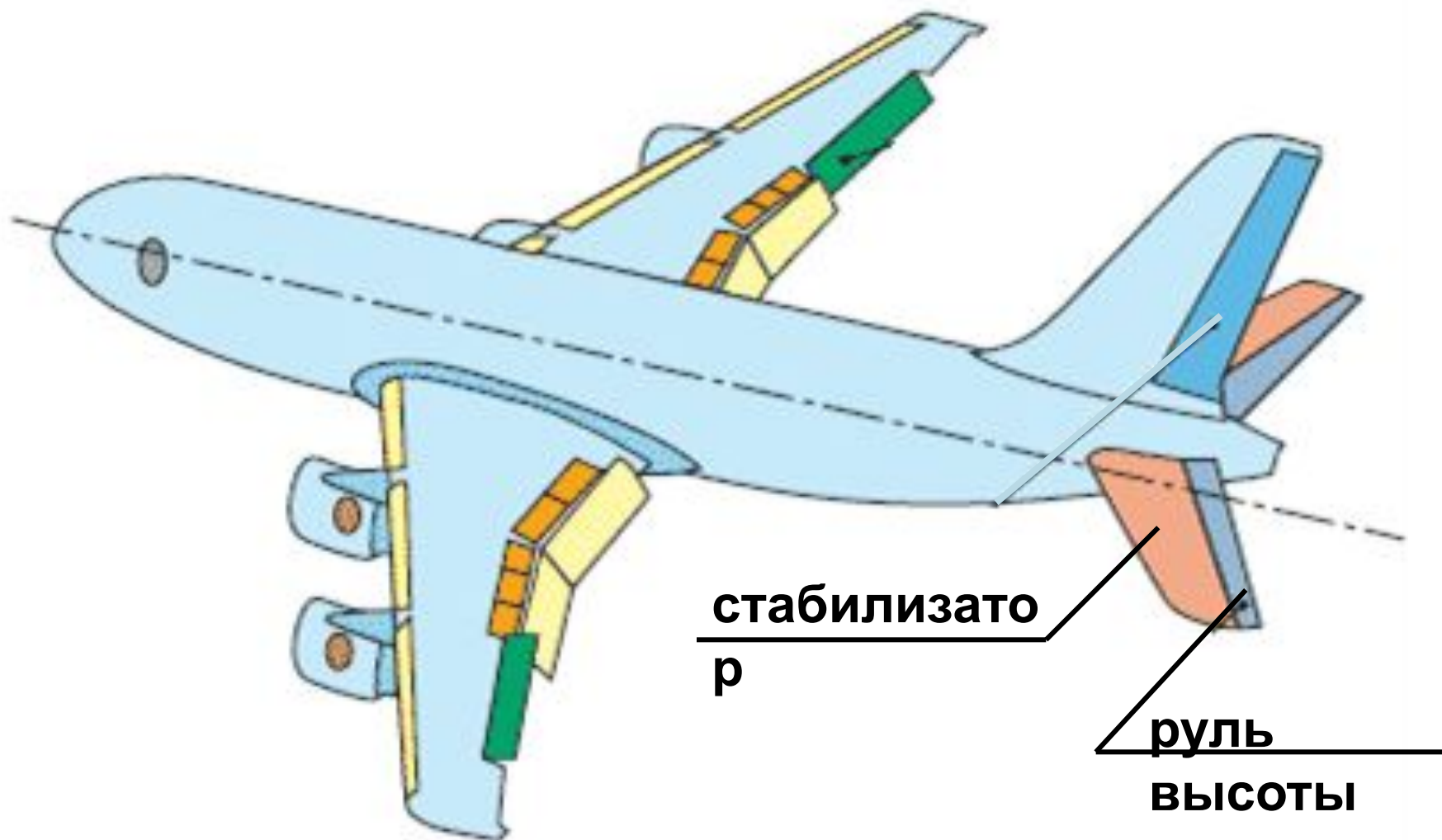


Рис. 1.62.

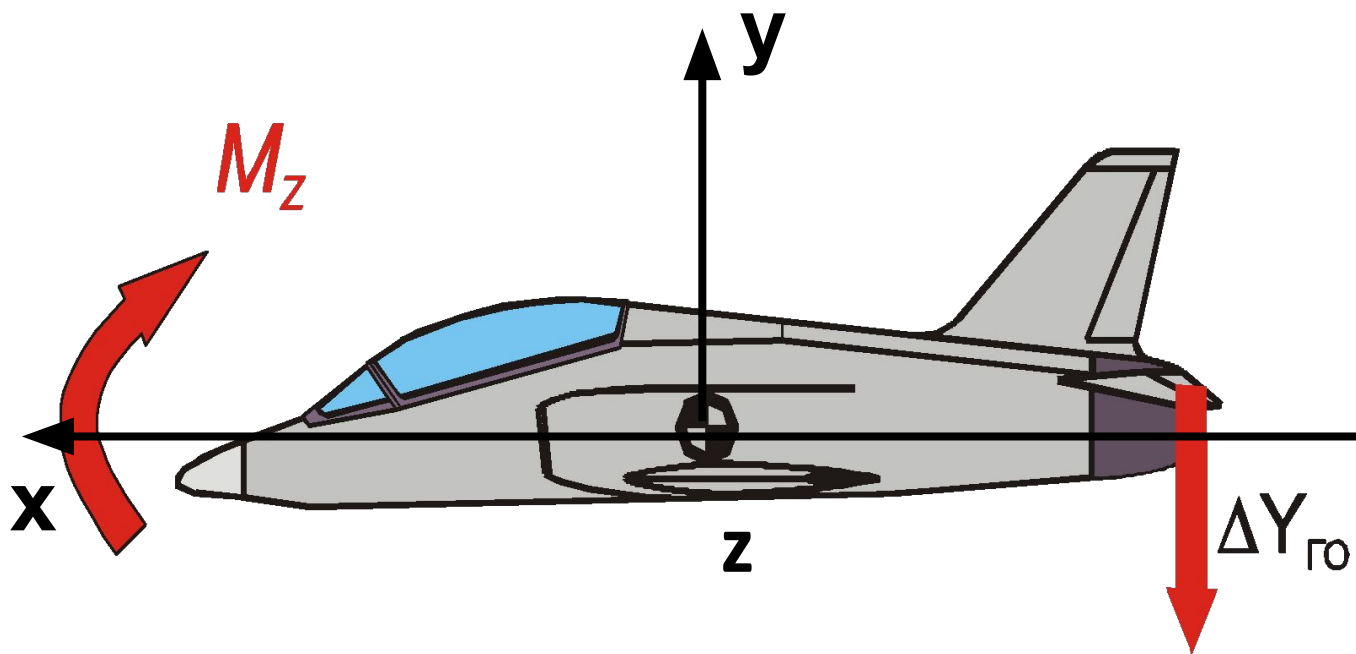
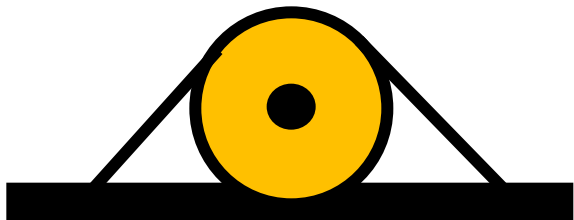
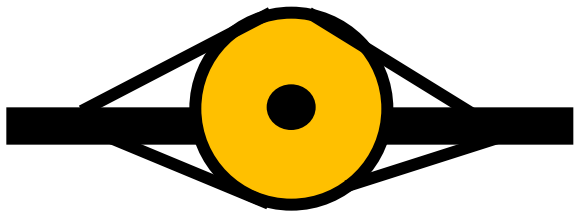
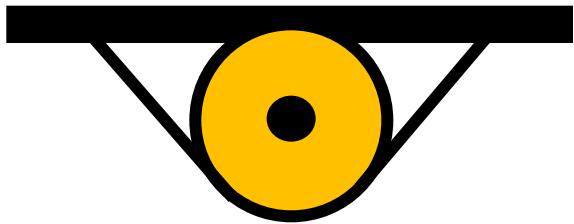
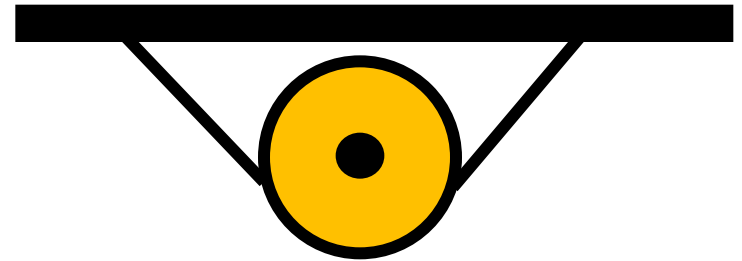


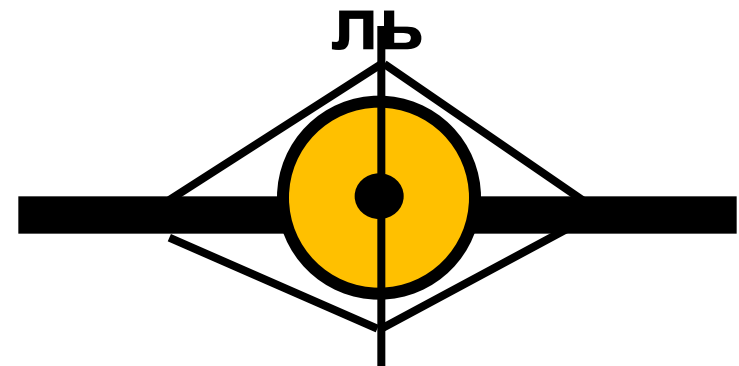
Рис. 1.64.



**ПОДКОСНЫ
Й
МОНОПЛАН**

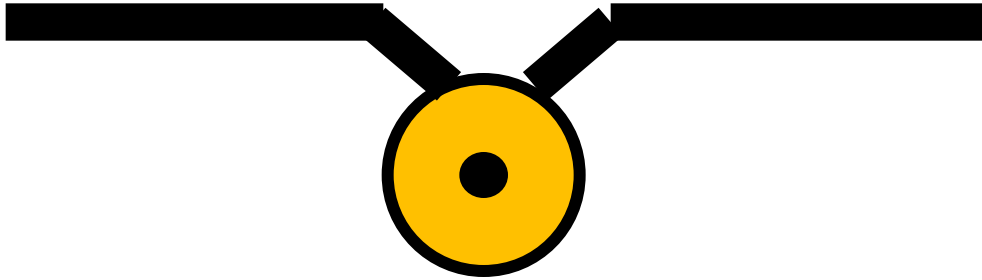


парасоль

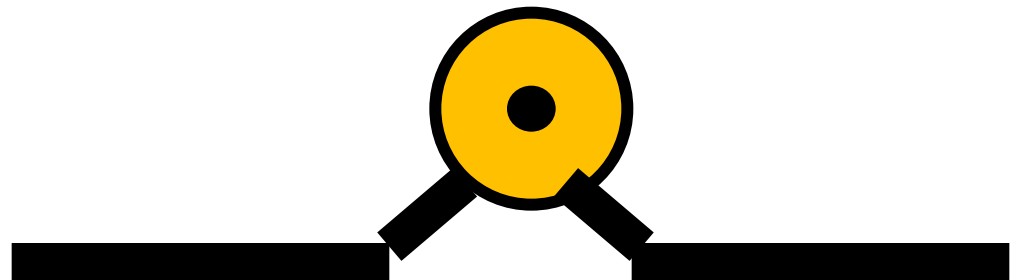


**расчалочн
ый
МОНОПЛАН**

Рис. 1.70. Виды монопланов

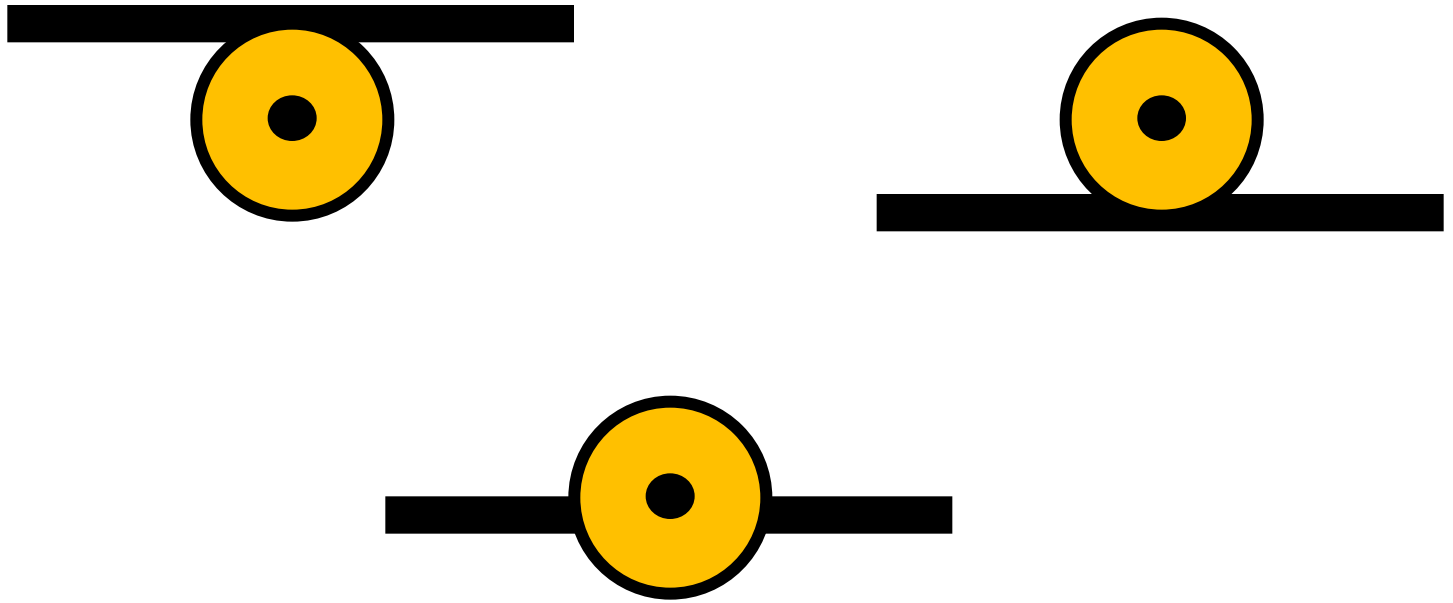


прямая чайка

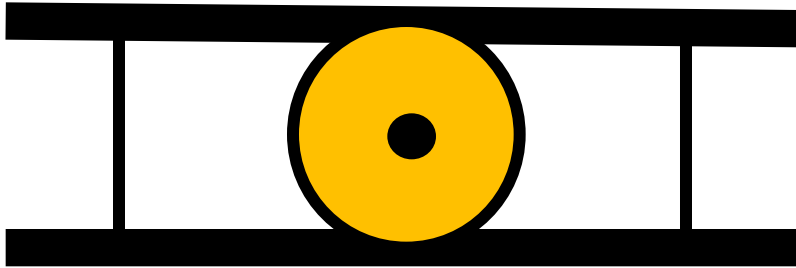


обратная чайка

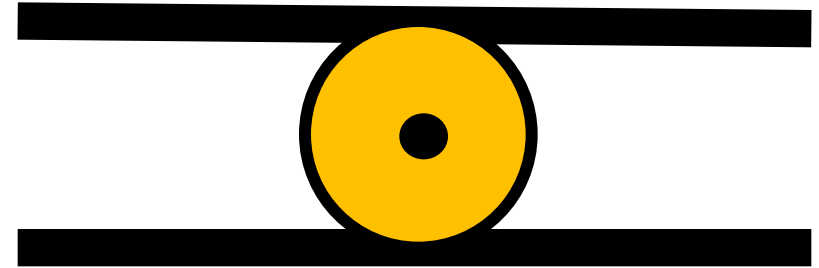
Рис. 1.71. Виды монопланов



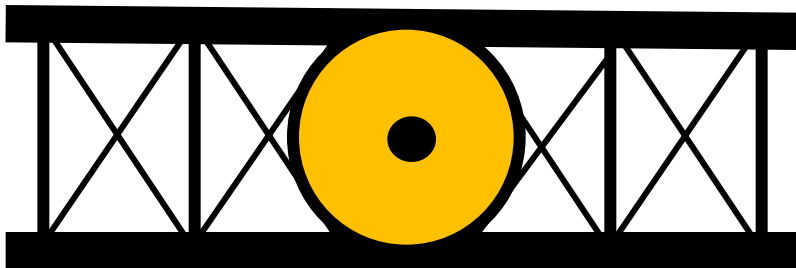
**Рис. 1.72. Виды монопланов.
Свободнонесущий моноплан.**



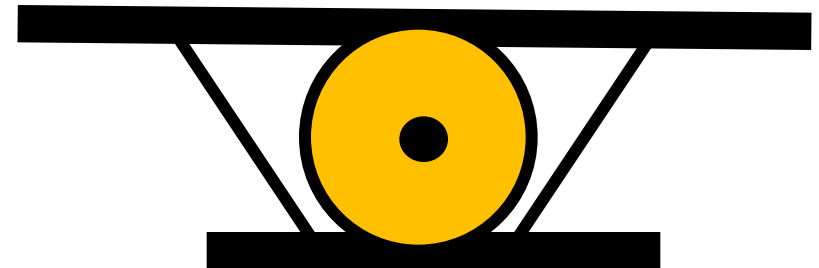
**стоечный
и
биплан**



**свободнонесущий
биплан**



**расчалочно-
стоечный
биплан**



полумоноплан

Рис. 1.82. Виды бипланов

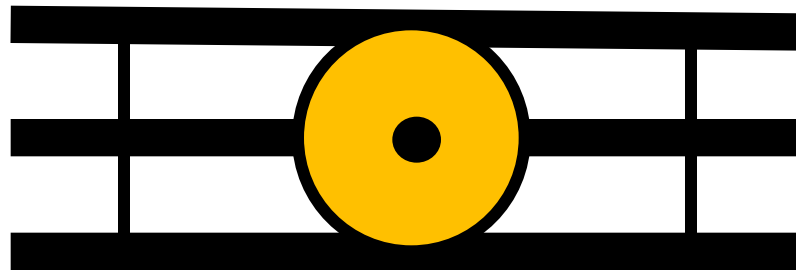


Рис. 1.89. Полиплан (Триплан)

б) по расположению крыла относительно фюзеляжа:

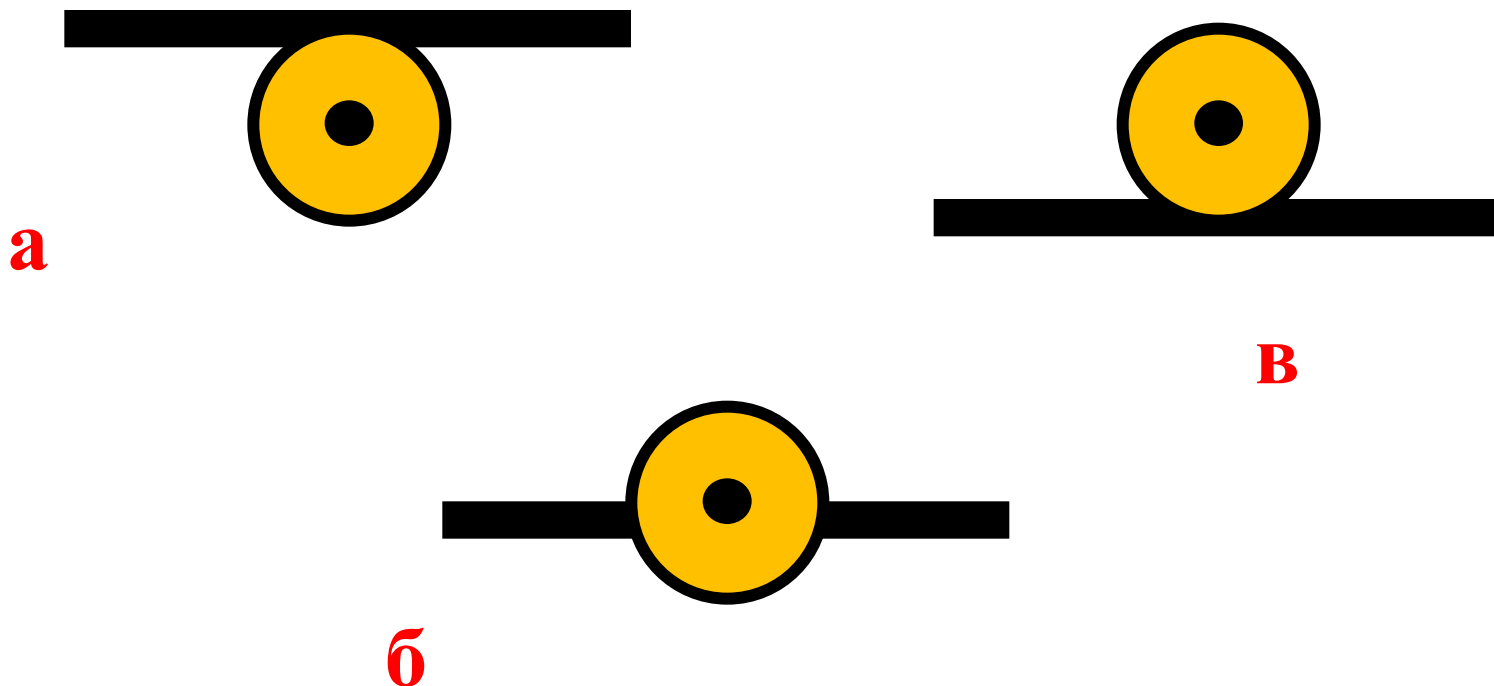


Рис. 2.109. Свободнонесущий моноплан

- а) высокоплан – крыло проходит через верхнюю часть фюзеляжа; б) среднеплан – крыло проходит через среднюю часть фюзеляжа; в) низкоплан – крыло проходит через нижнюю часть фюзеляжа.**

Низкоплан	Среднеплан	Высокоплан
		
<p>+ удовлетворительная аэродинамика + небольшая высота стоек шасси (легко убирается в крыло) + посадка с невыпущенным шасси и на воду + экран на малой высоте (экраный эффект- может быть использован при взлете и посадке) Пример: пассажирские самолеты, гидросамолёты</p>	<p>+ улучшенная аэродинамика - увеличение высоты стойки и уборка в месте соединения крыла и фюзеляжа - недостаточная безопасность при посадке - экран до $h < 1\text{м}$ Пример: военные самолеты</p>	<p>++ хорошая аэродинамика - большая высота стойки, уборка в фюзеляж, или гондолы в наплывах фюзеляжа , что ведет к дополнительному сопротивлению - условия посадки наиболее сложные Пример: транспортные самолеты с ТВД</p>

в) по форме крыла в плане:

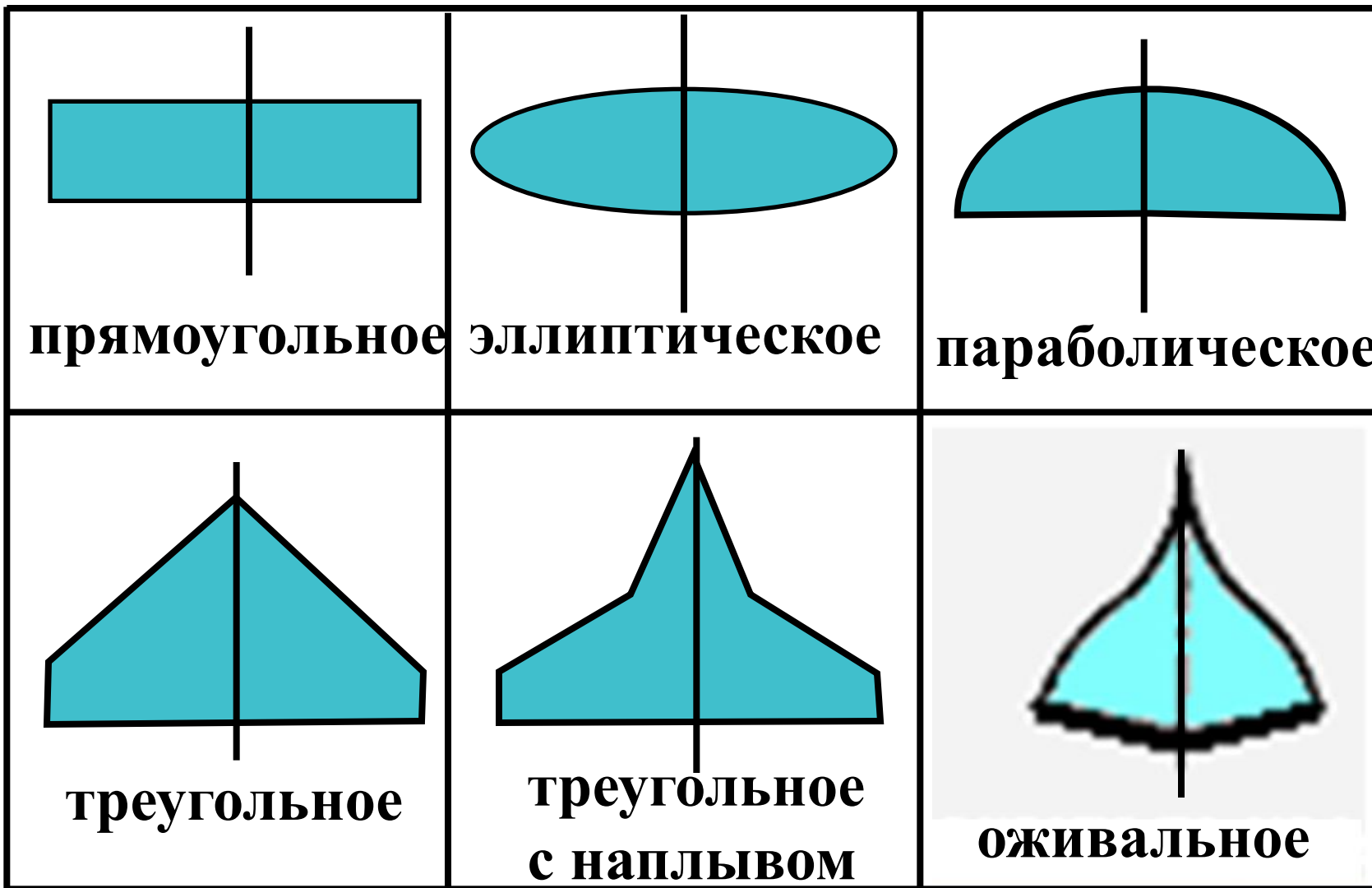


Рис. 1.99.

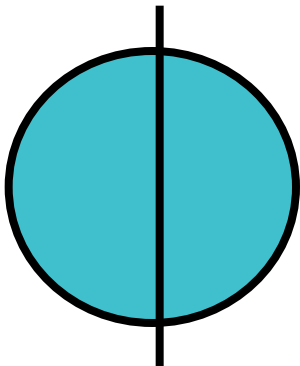
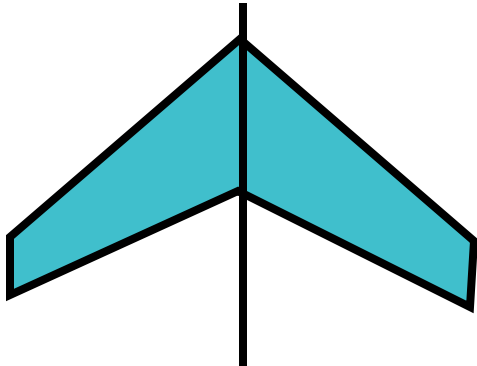
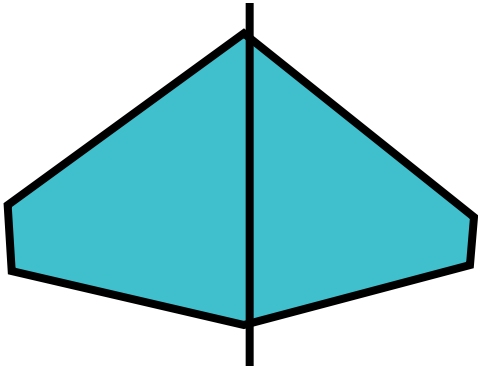
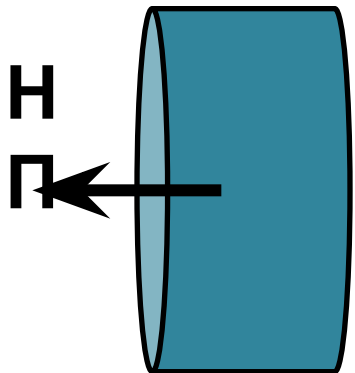
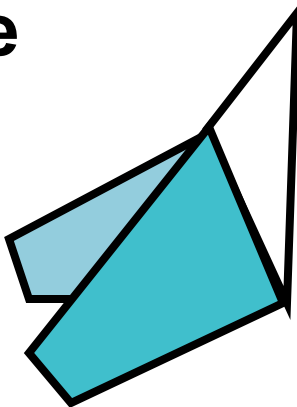
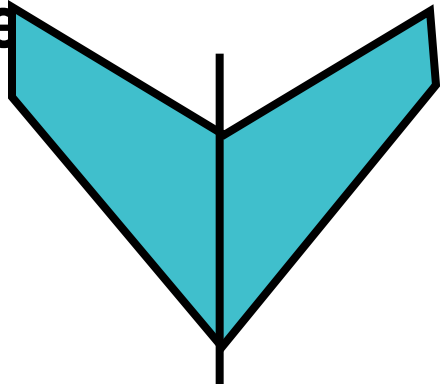
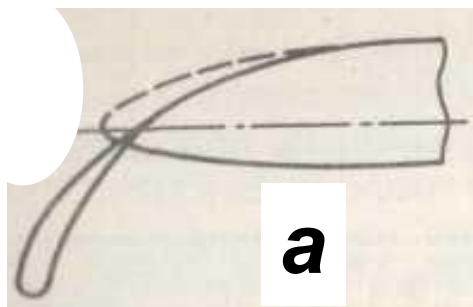
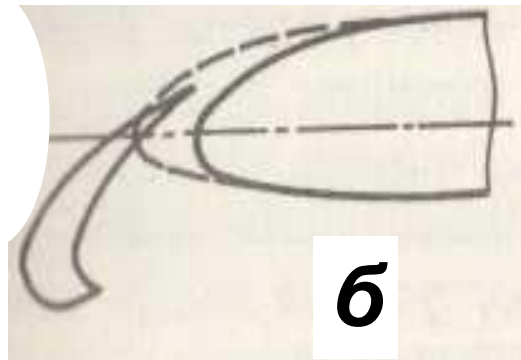
 <p>кругло</p>	 <p>стреловидн</p>	 <p>трапециевидн</p>
<p>е</p>  <p>кольцев</p> <p>е</p>	<p>о</p>  <p>переменной стреловидно</p> <p>СТИ</p>	<p>о</p>  <p>обратной стреловидно</p> <p>СТИ</p>

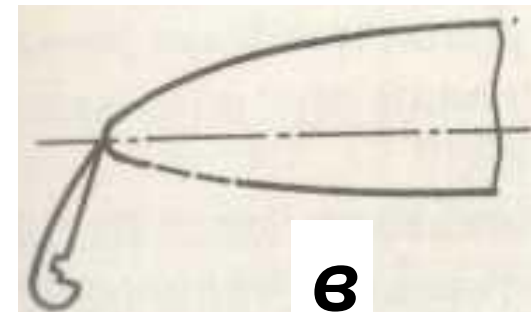
Рис. 1.100.



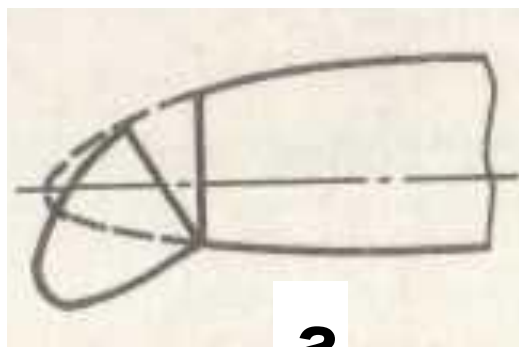
a



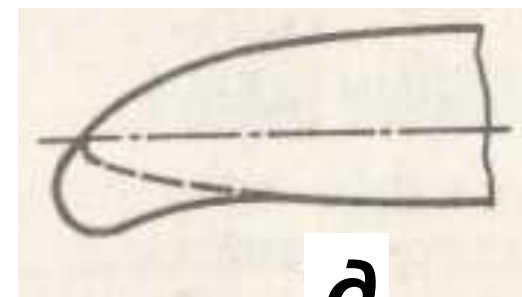
б



в



г



д

Рис. 1.125. Механизация передней кромки крыла: *a* - скользящий предкрылок; *б* - выдвижной предкрылок; *в* - щиток носовой (Крюгера); *г* - отклоняющийся носок; *д* - неподвижный отогнутый носик.



***a* - поворотный закрылок;**



***d* – отклоняющийся щиток;**



***б* - однощелевой закрылок;**



***e* - скользящий щиток**



***в* - двухщелевой закрылок с
дефлектором;**



***г* - трехщелевой с дефлектором;**

**Рис. 1.128. Механизация
задней кромки крыла**

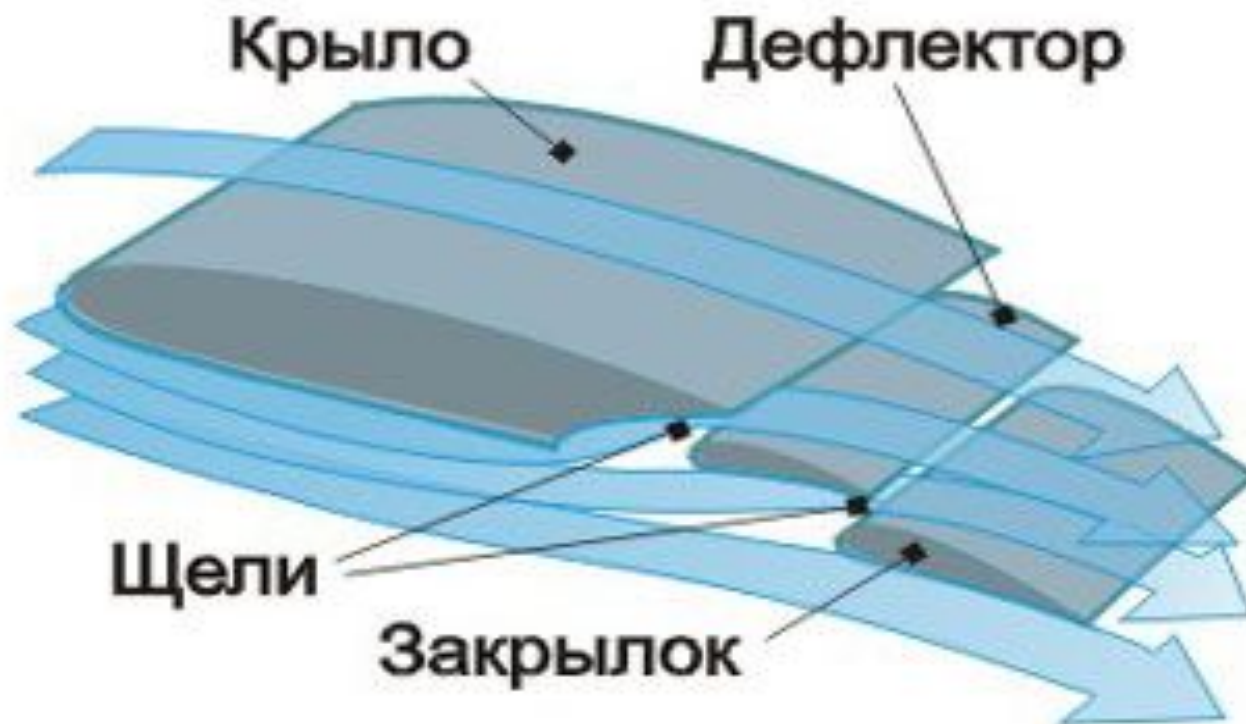


Рис.1.60. Двухщелевой закрылок с дефлектором

Выдвижной предкрылок

Воздушный
ПОТОК

Крыло

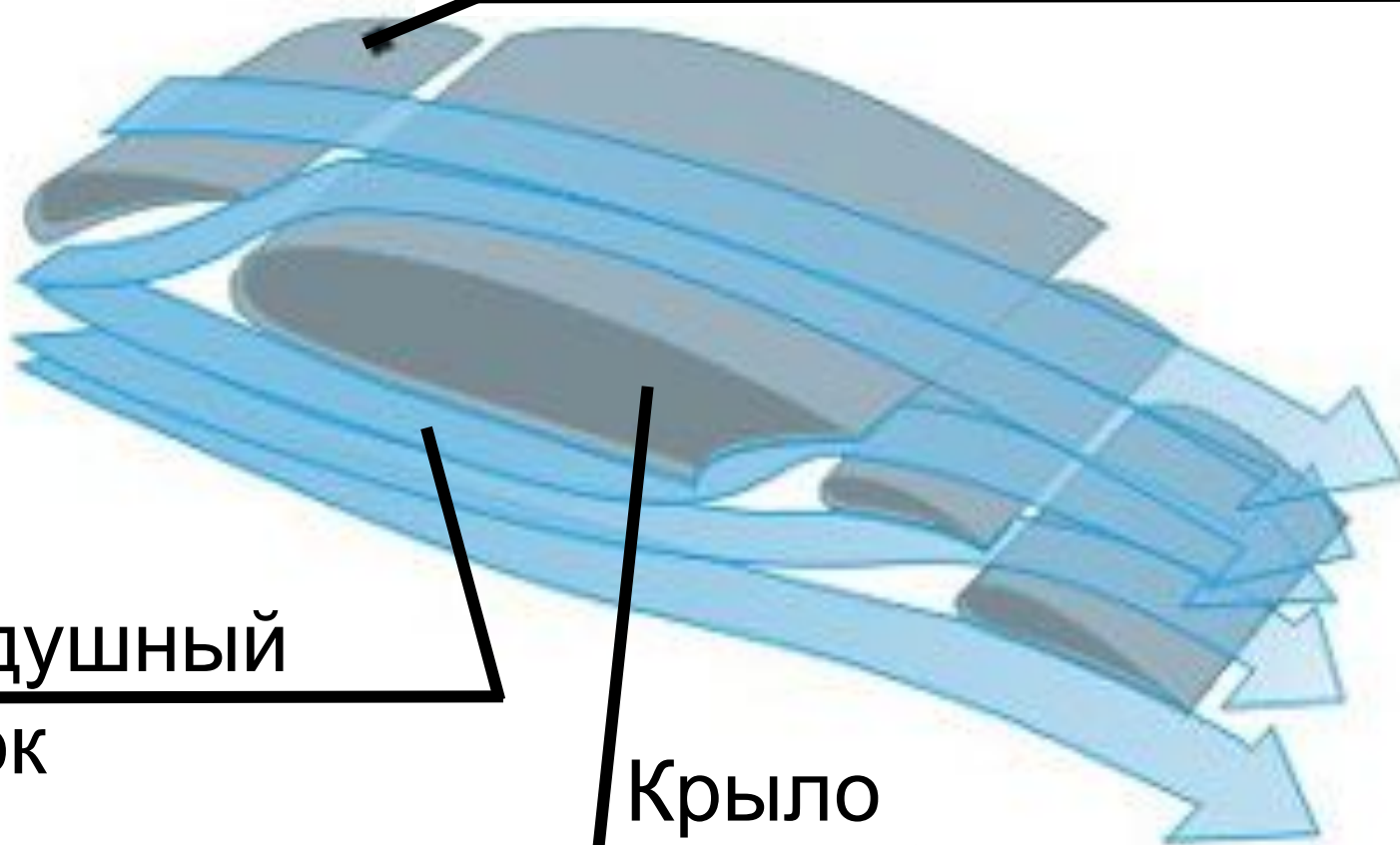


Рис.1.59.

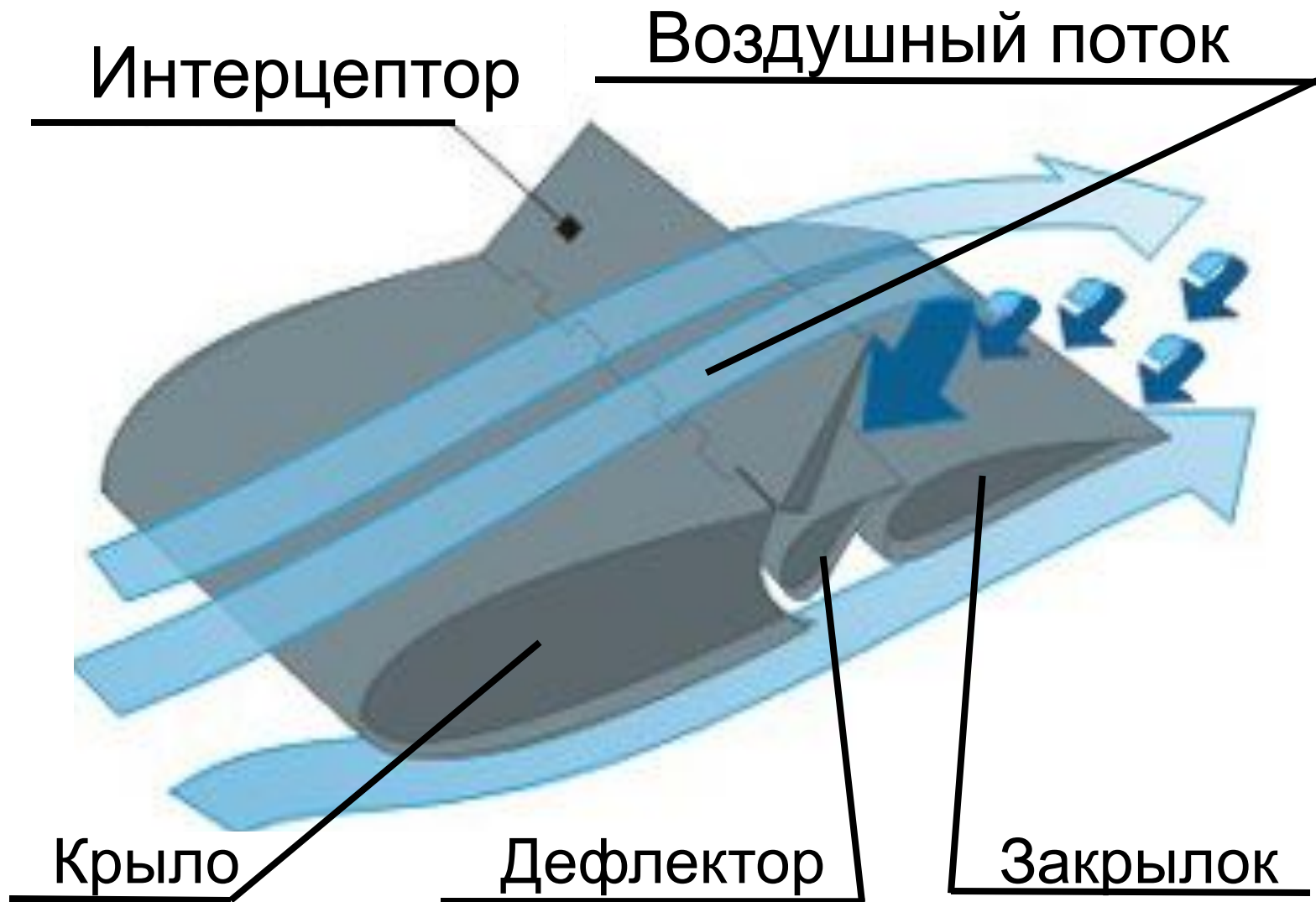


Рис. 1.63.

Зависимость коэффициента подъёмной силы C_y от угла атаки α для крыла с механизацией

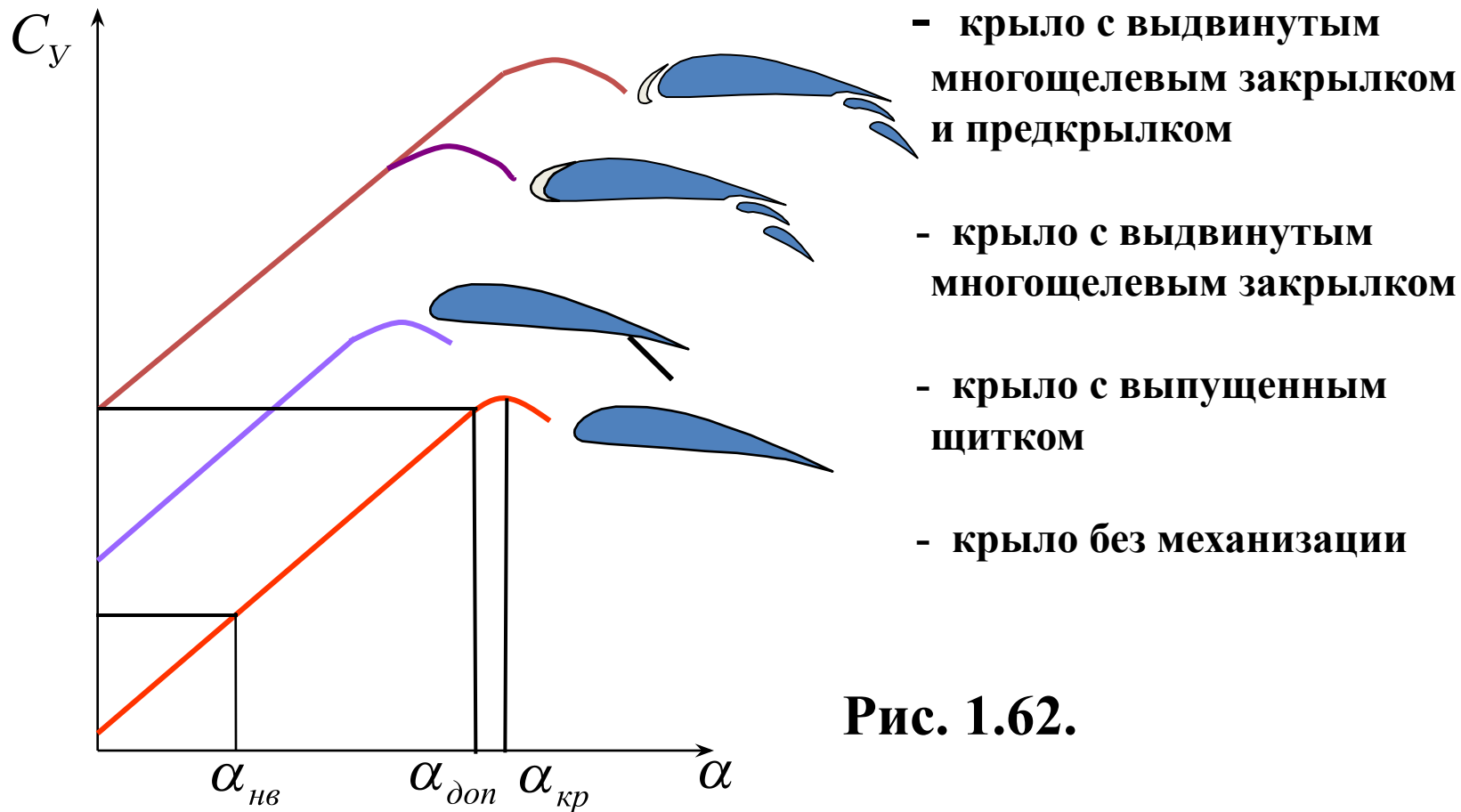


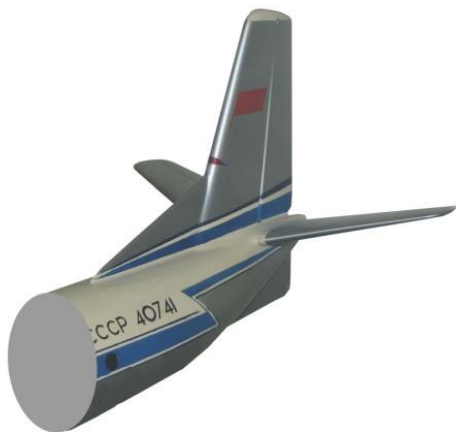
Рис. 1.62.



Рис. 1.60.

**д) по расположению оперения на самолёте
относительно киля:**

Нормальное





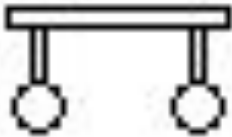
T-образное



*Со средне
расположенным ГО*



Рис.1.66.

Обычное	Т – образное	П, V – образное
		
<p>Чаще всего используется для низкопланов.</p>	<p>Расположения двигателя в хвостовой части Характерна для транспортных самолетов. + увеличение плеча ГО ведет к уменьшению его массы + создается дополнительная подъемная сила (эффект шайбы) - увеличивается масса ВО из-за крепления ГО</p>	<p>+ Увеличивается подъемная сила, за счет обдува ГО двигателем. - Увеличивается масса ВО</p>

е) по виду оперения:



Рис. 1.64.



Рис. 1.65.



Рис. 1.66.

V-образное



Двухбалочное



*Разнесенное
двухкилевое*



Многокилевое



Рис. 1.67.

л) по расположению

двигателей:

В носовой части

В средней части

В хвостовой части
внутри фюзеляжа *снаружи фюзеляжа*



На пилонах
под крылом *над крылом*

В средней части
крыла

В корне крыла



Рис.1.105.

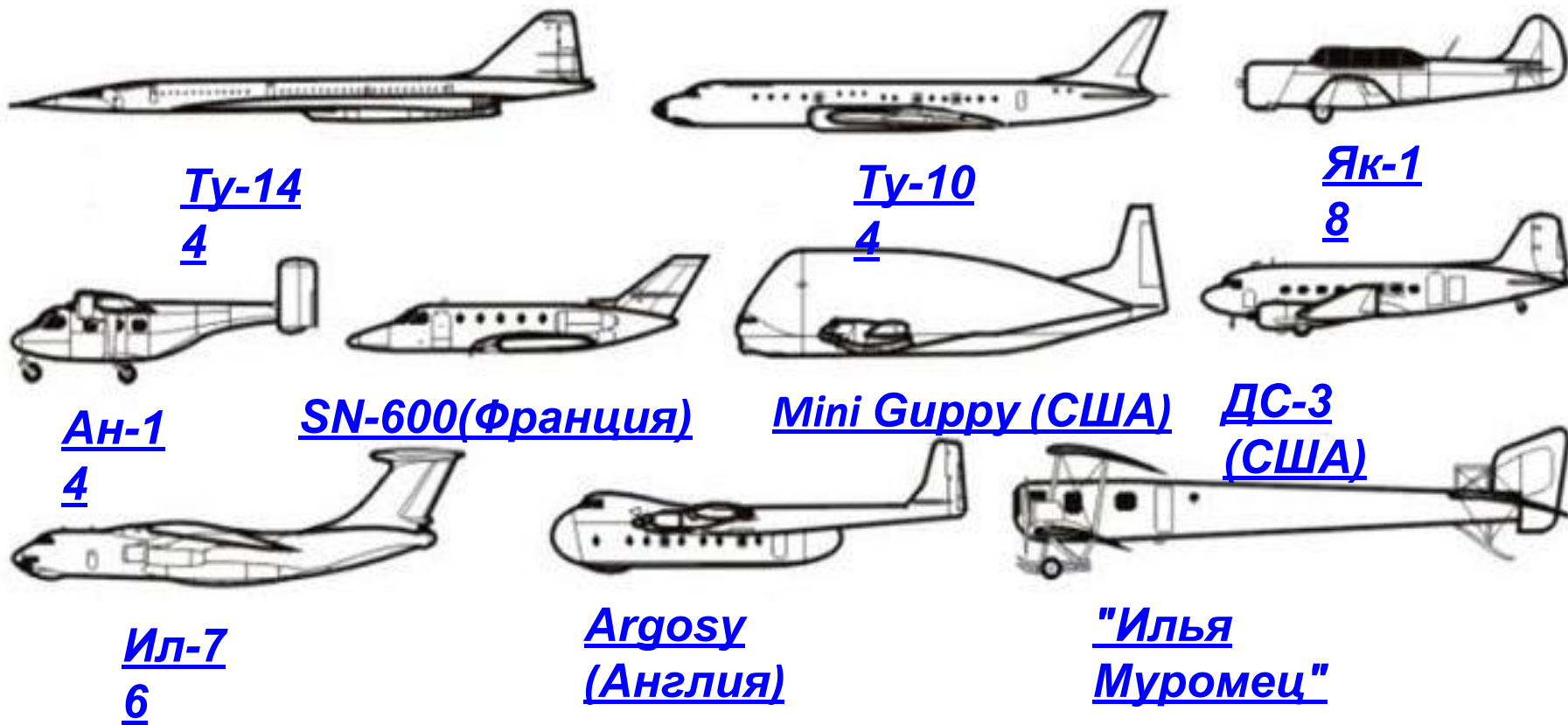


Рис. 1.84. Формы фюзеляжей самолёта

СХЕМА ФЮЗЕЛЯЖА



гондола



нормальная



двухбалочная



двухфюзеляжная



лодка



несущий фюзеляж

Рис.1.88.



z

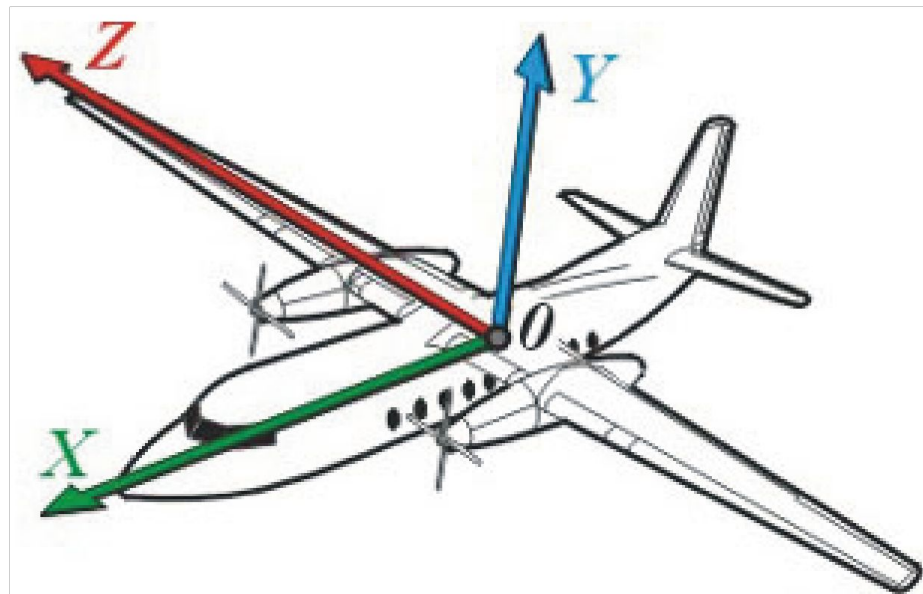


Рис. 2.1. Связанная система координат.

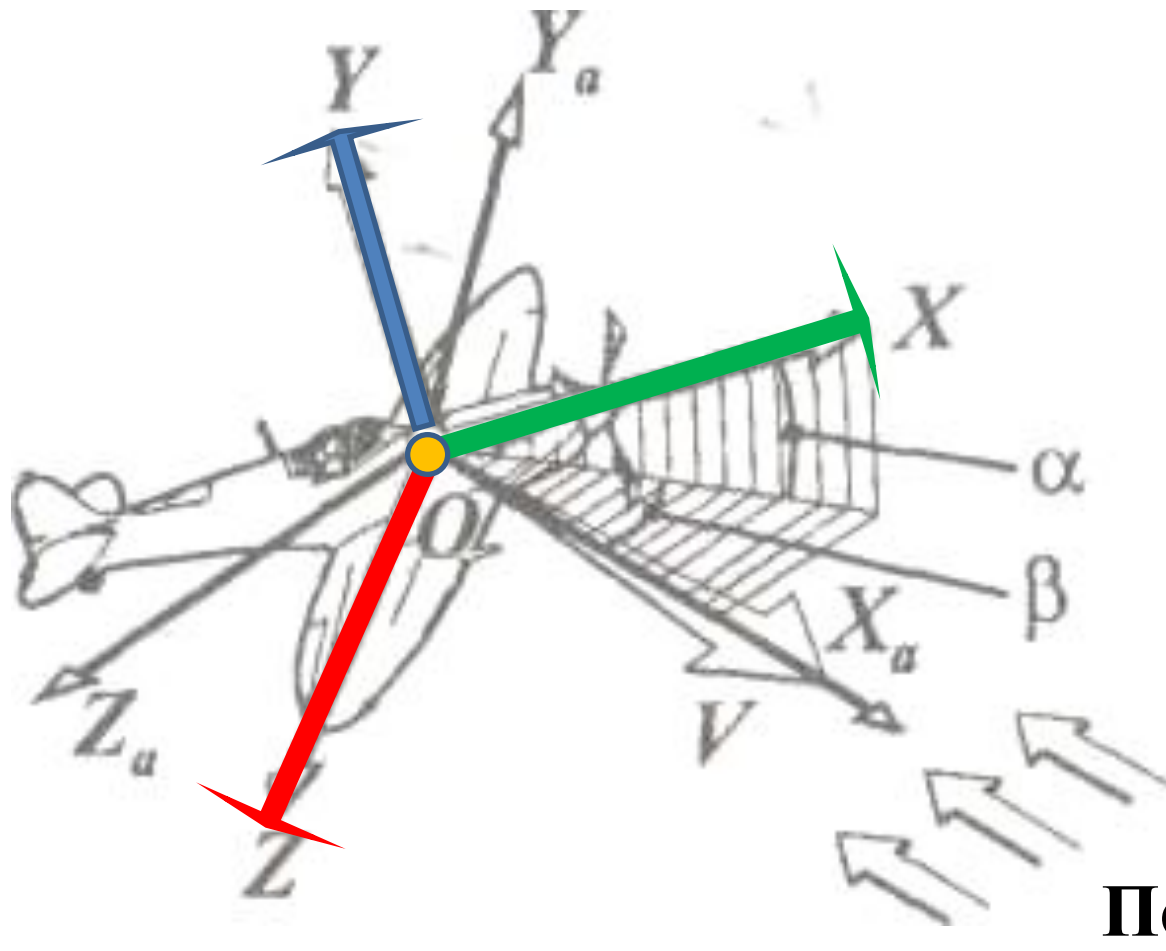
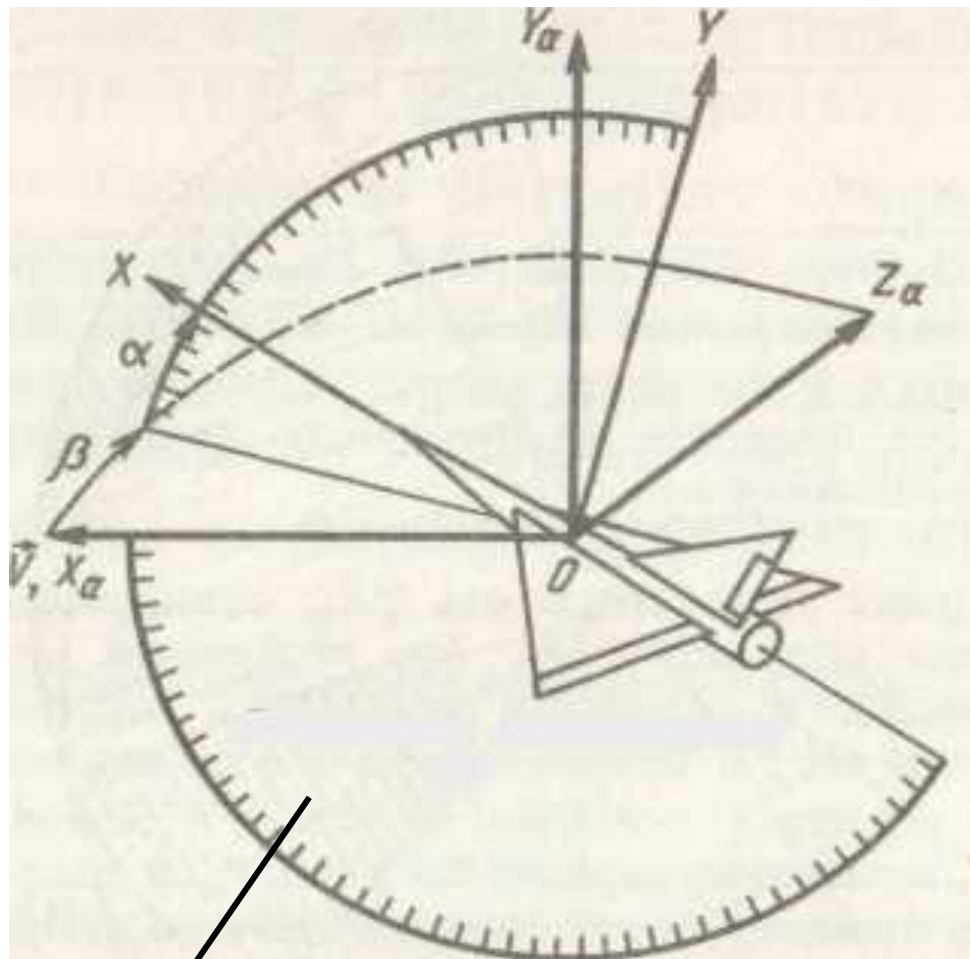


Рис. 2.3.

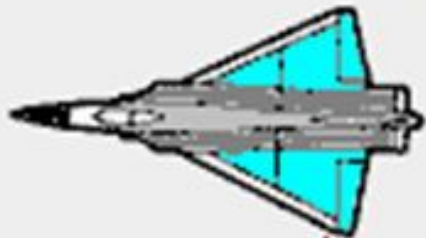
Поток воздуха



Плоскость симметрии XOY

Рис. 2.2. Скоростная система координат.

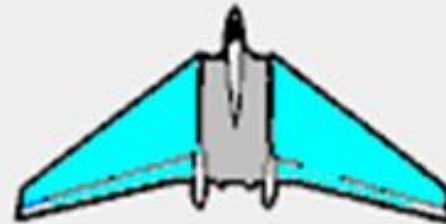
АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА



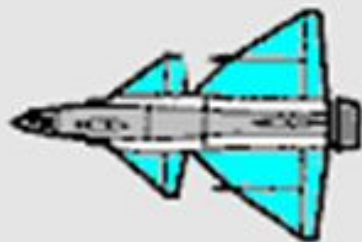
БЕСХВОСТКА



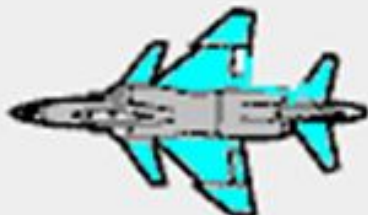
НОРМАЛЬНАЯ



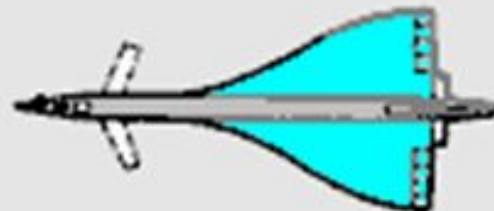
ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО



УТКА



С ПЕРЕДНИМ
И ХВОСТОВЫМ ГО



КОНВЕКТИРУЕМАЯ

Рис. 2.13.

балан. схема	«Утка»	«Бесхвостка»	Классическая
Свойства			
Схемы самолётов			
Потери на балансировку	Незначительные потери	Весьма значительные потери	Значительные
Степень статической устойчивости	Кране неустойчивая	Невелика	Весьма велика
Маневренность	Отличная	Хорошая	Удовлетворительная
Динамическая неустойчивость склонность к клевку	Весьма значительная	Отсутствует	Отсутствует
Просадка при входе в горку	Отсутствует	Весьма значительные	Значительная
Возможность использования механизации крыла.	Механизация эффективна так как балансировочные силы направлены вверх.	Механизация крыла затруднена так как балансировочные силы направлены вниз.	Механизация имеет пониженный эффект так как балансировочные силы направлены вниз.
Применение на самолетах.	Применяется на высокоманевренных истребителях и иногда сверхзвуковые бомбардировщики.	Применяется для сверхзвуковых пассажирских самолётов (СПС).	Дозвуковые самолёты.

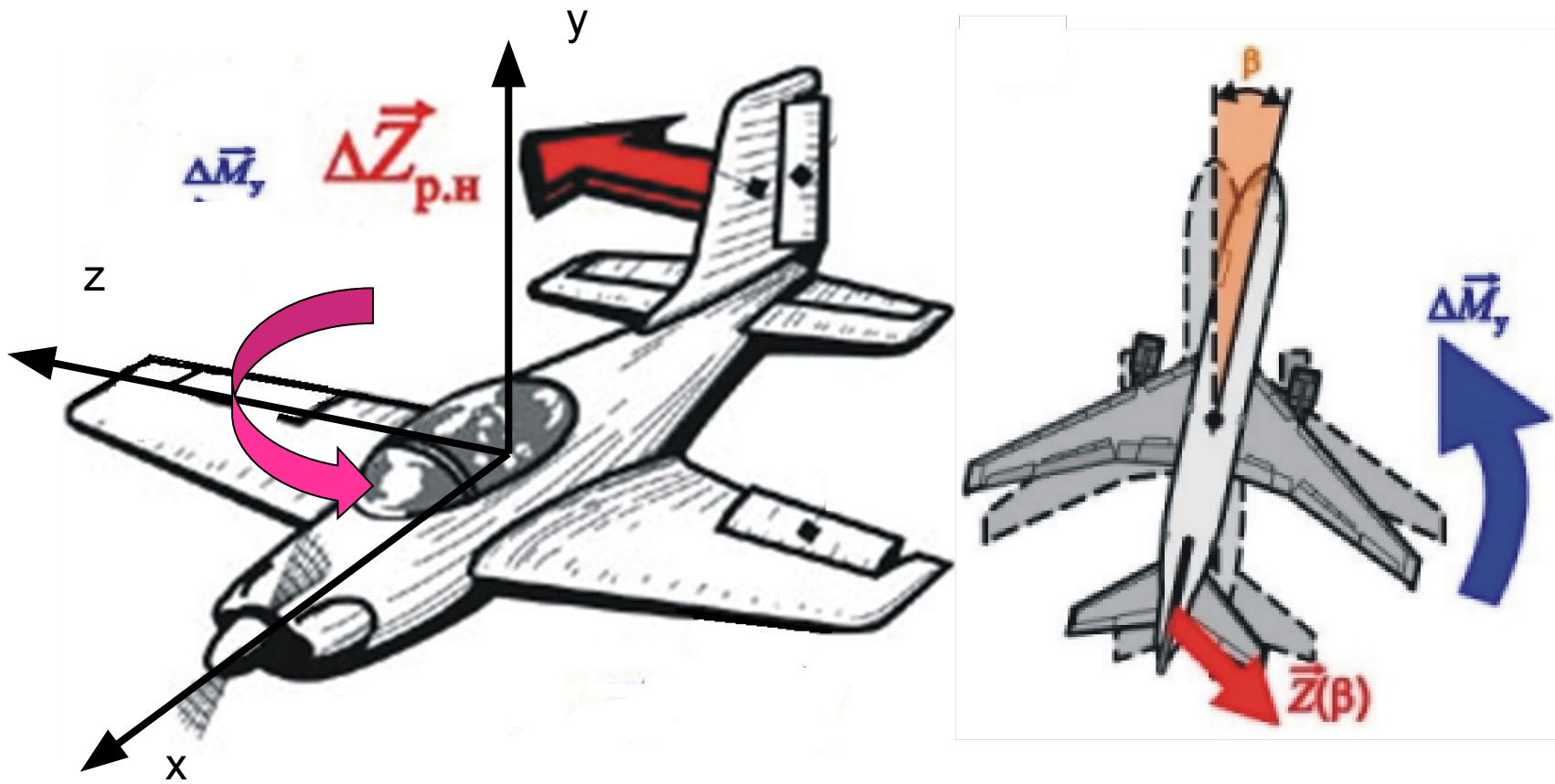


Рис. 2.10.

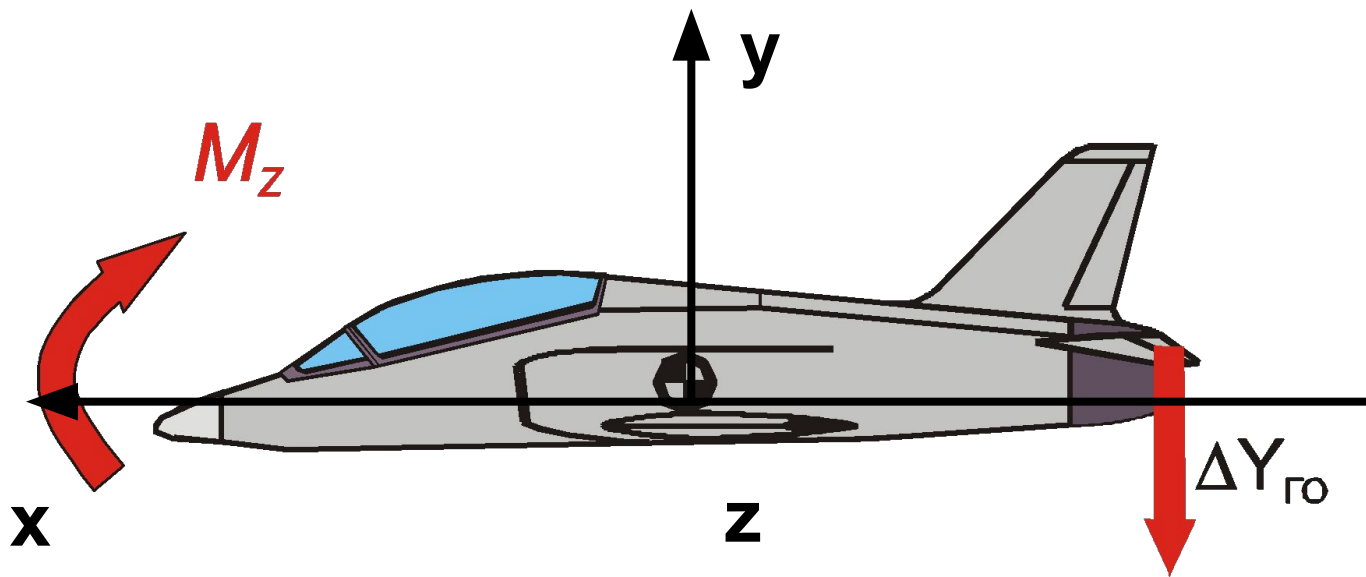


Рис.2.11.

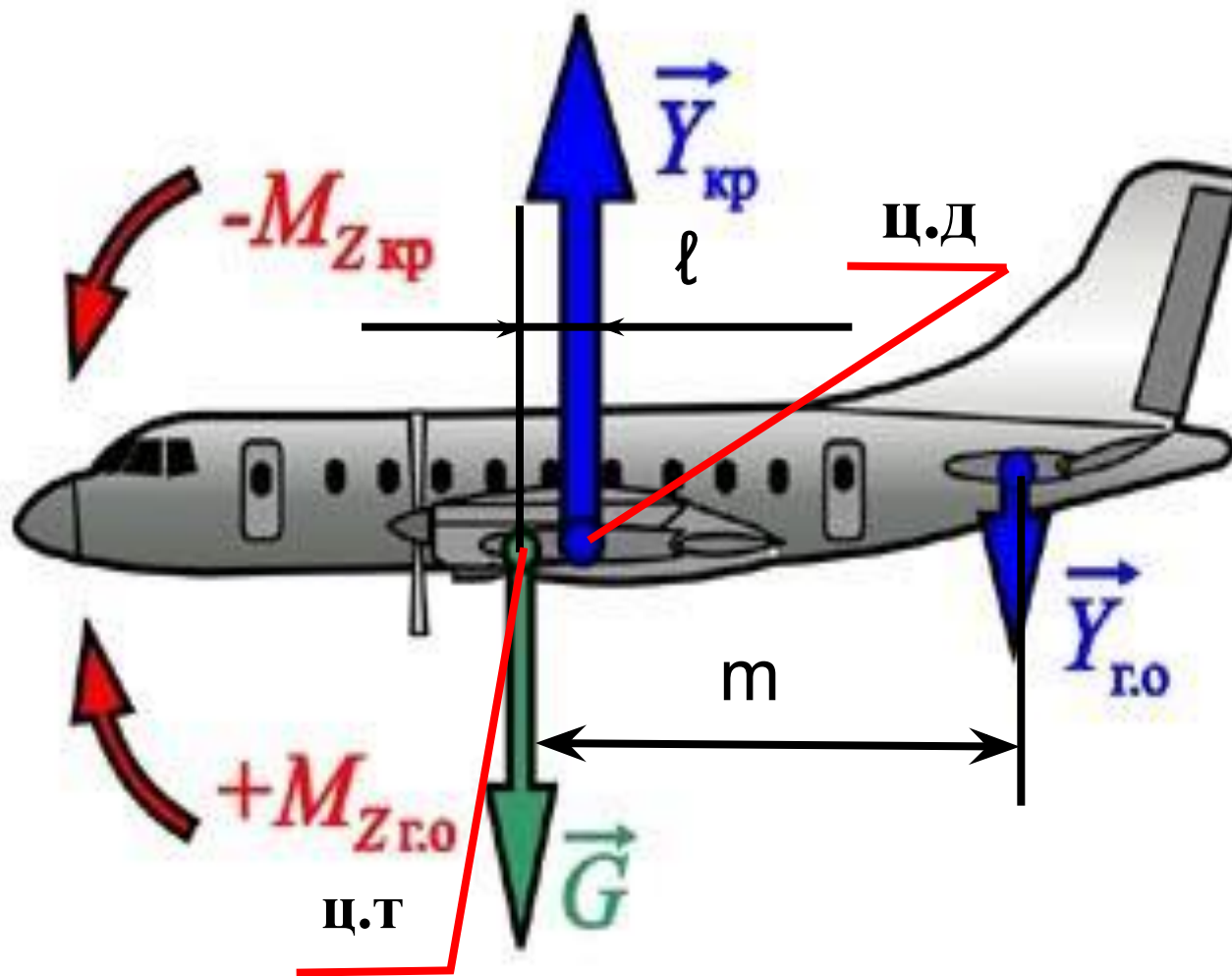


Рис. 2.24.

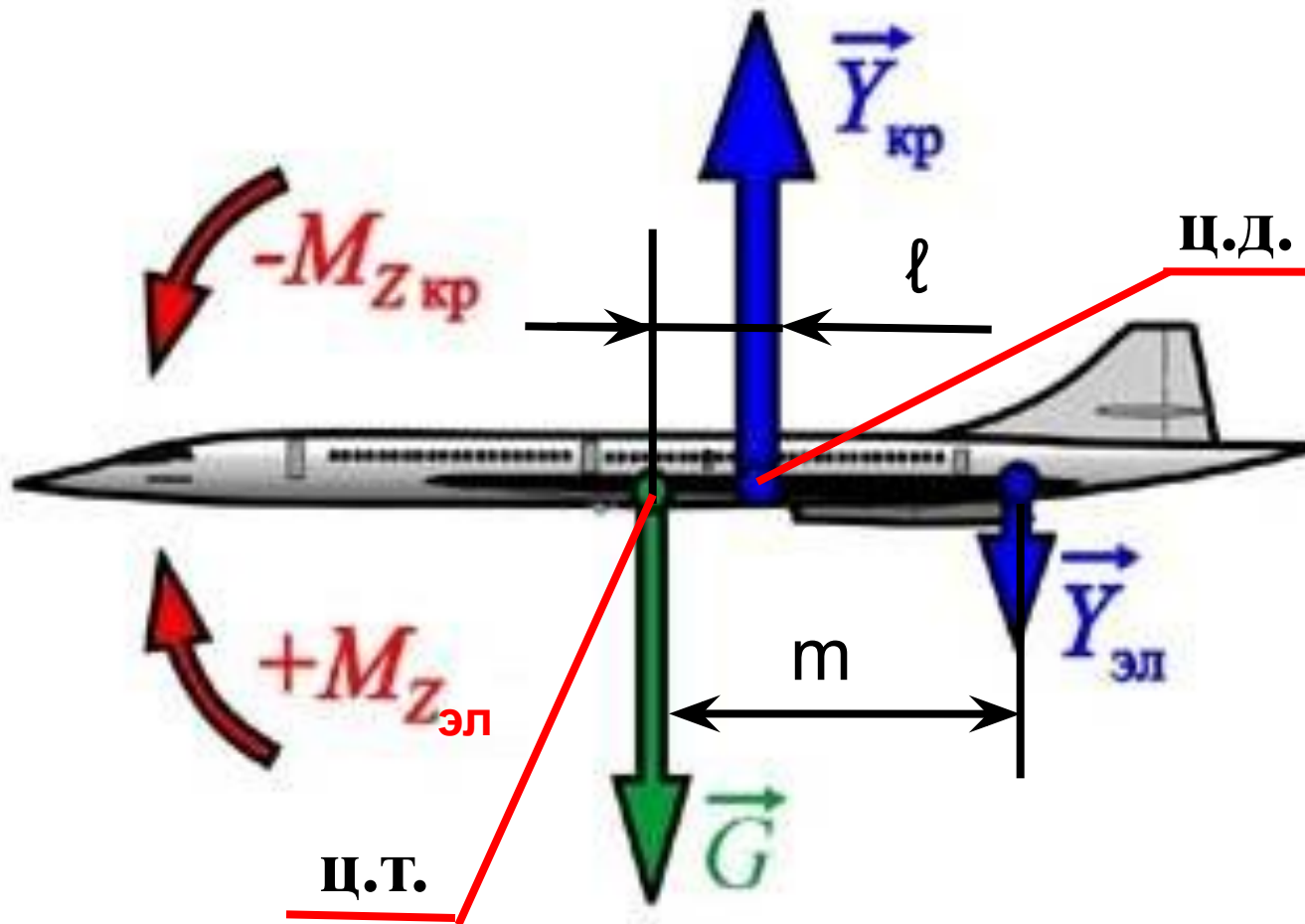


Рис. 2.28.

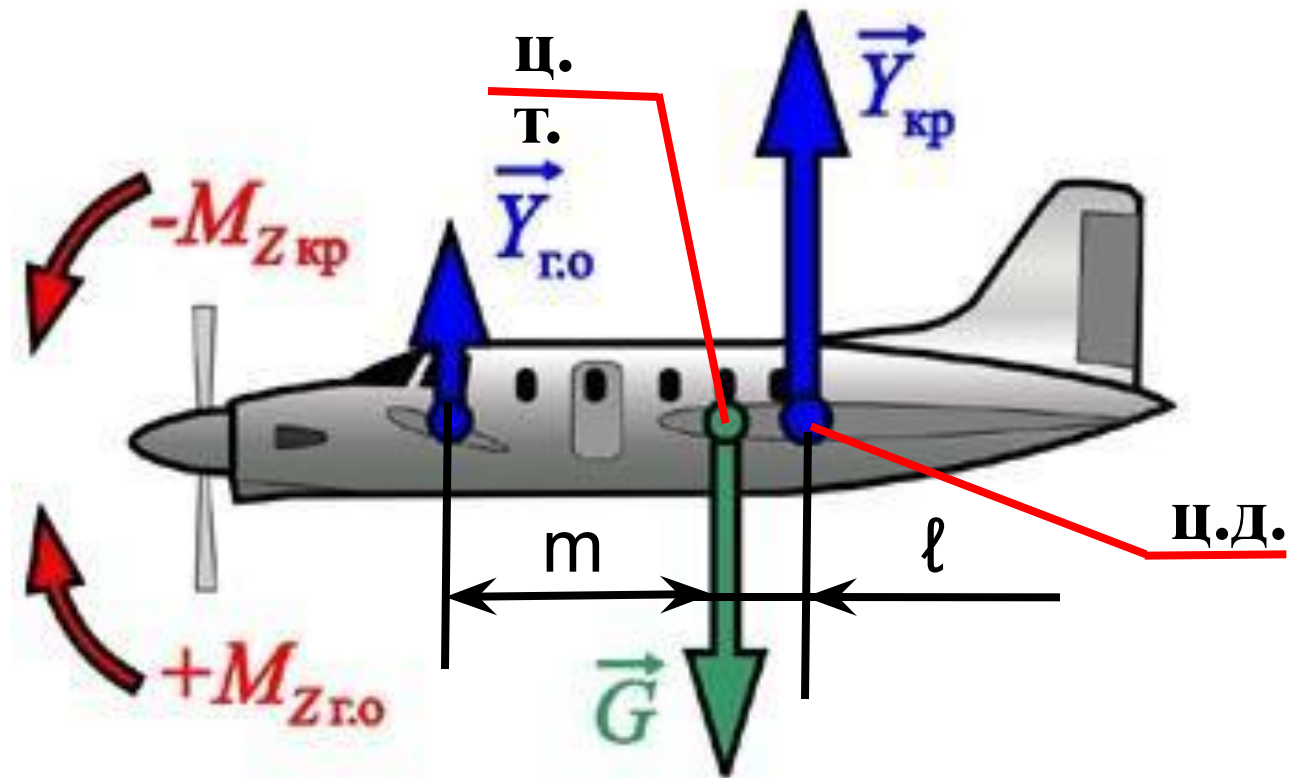


Рис. 2.26.

Профиль крыла - форма сечения крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии самолёта.

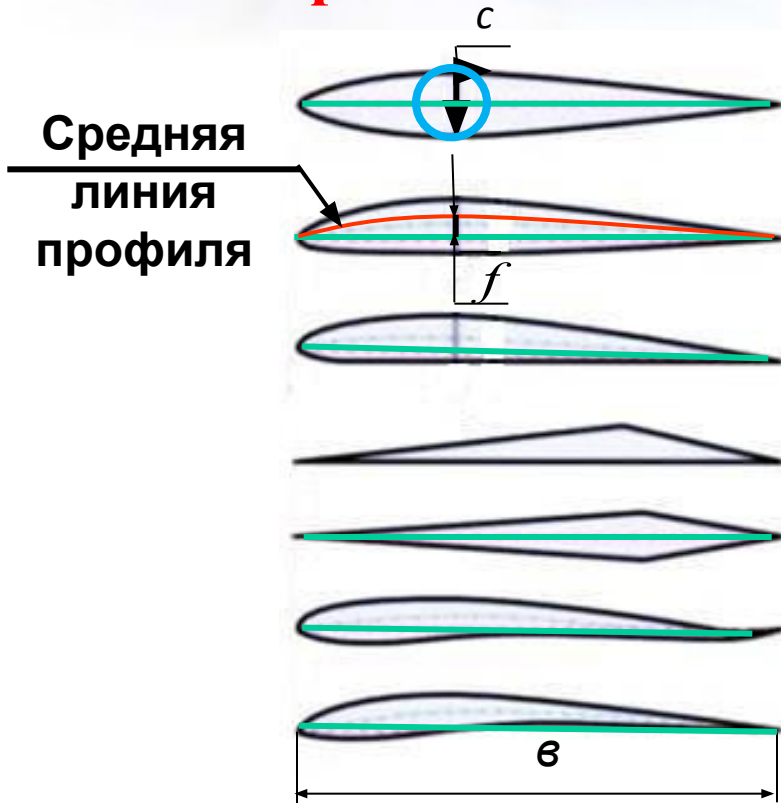


Рис. 3.2.

- симметричный профиль
- несимметричный
- несимметричный плосковыпуклый
- клиновидный
- ромбовидный
- “S - образный”
- суперкритический

b - хорда профиля

c - толщина профиля

f - кривизна профиля

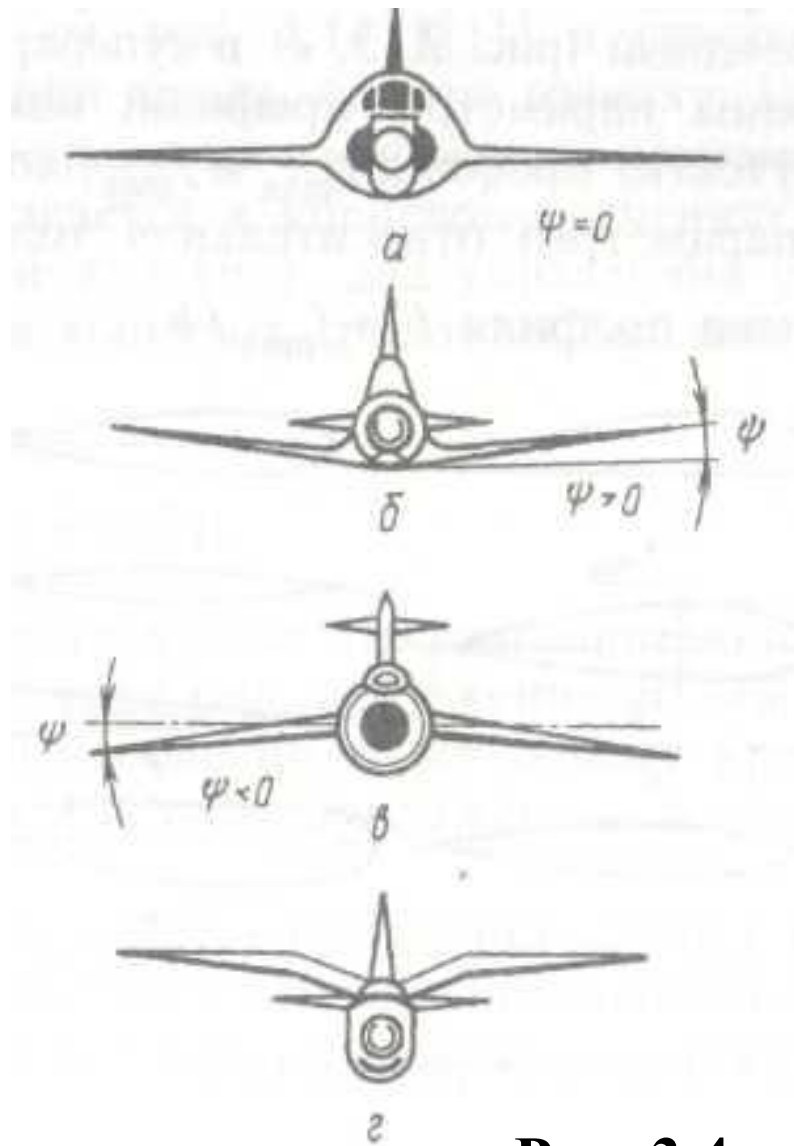


Рис. 3.4.

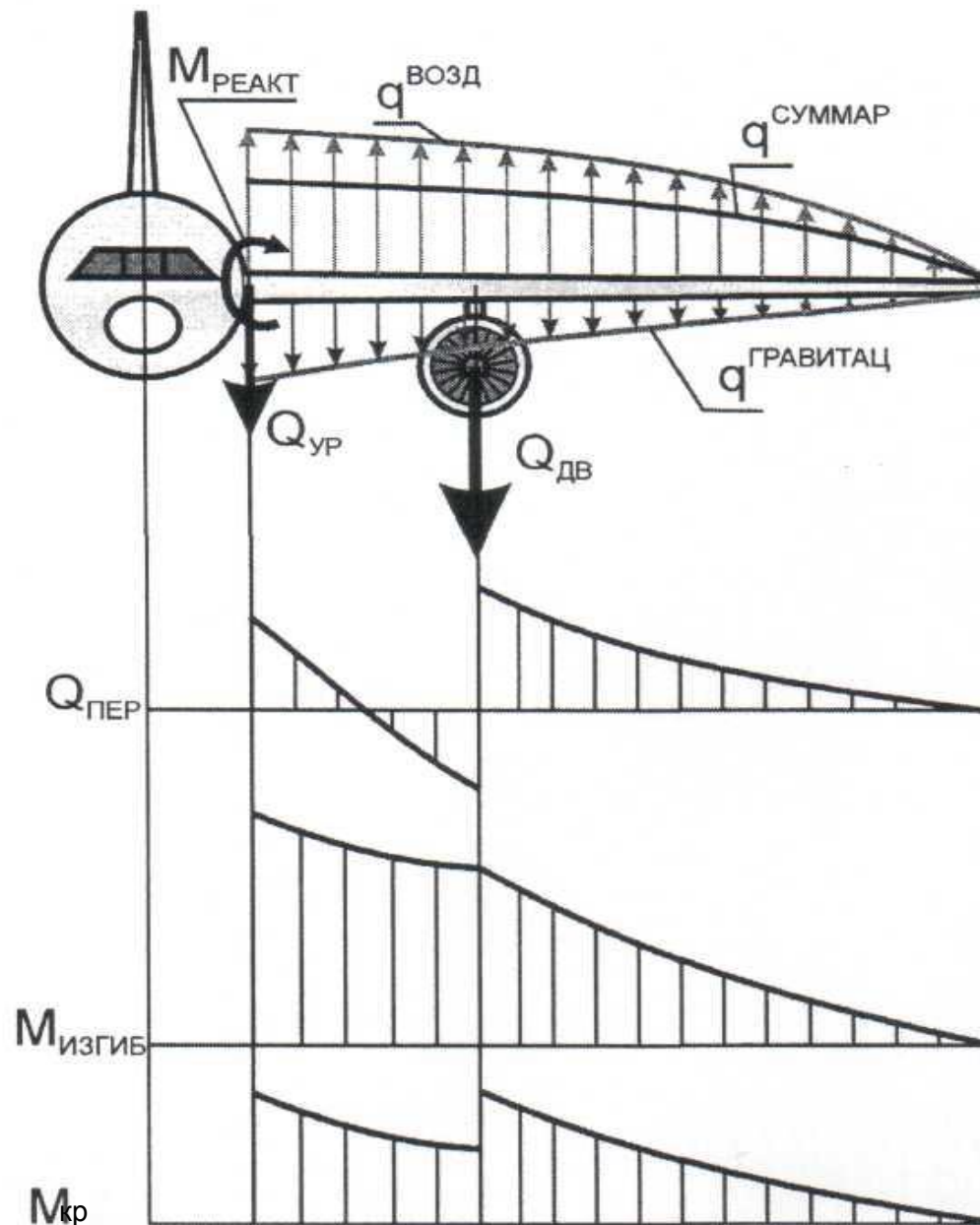


Рис. 2.2. Нагружение крыла и эпюры нагрузок.

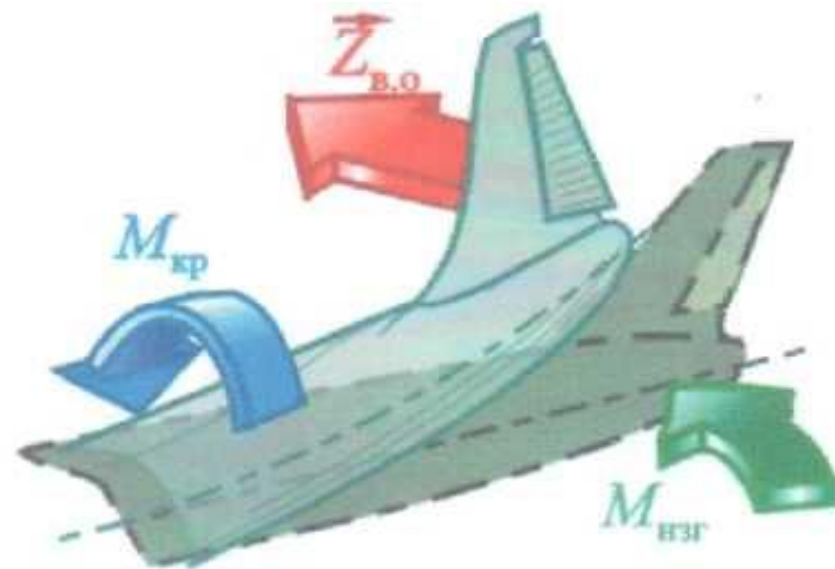
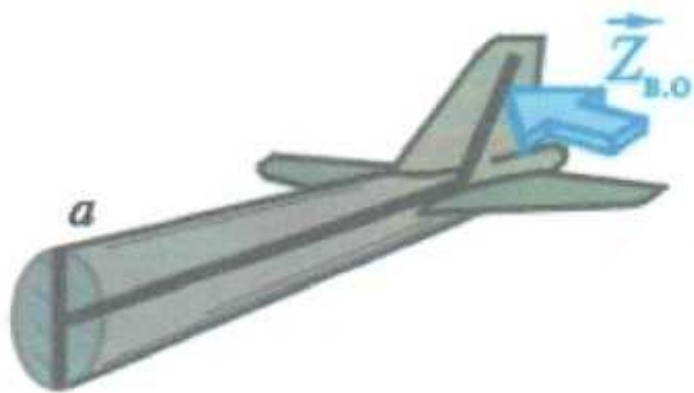


Рис.3.42.

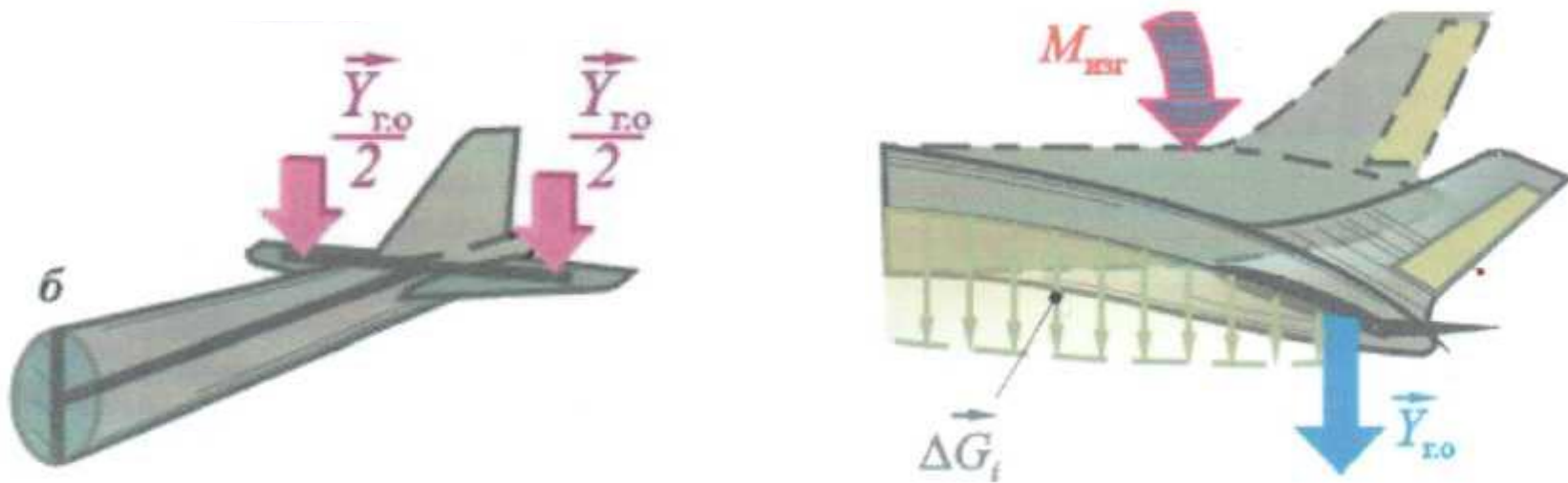
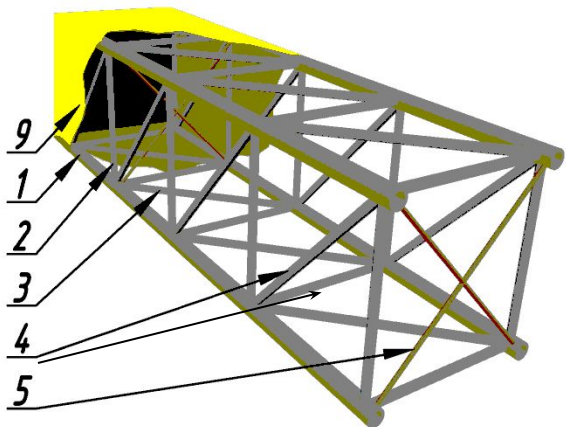


Рис. 3.43. Возникновение Мизг при отклонении ГО.

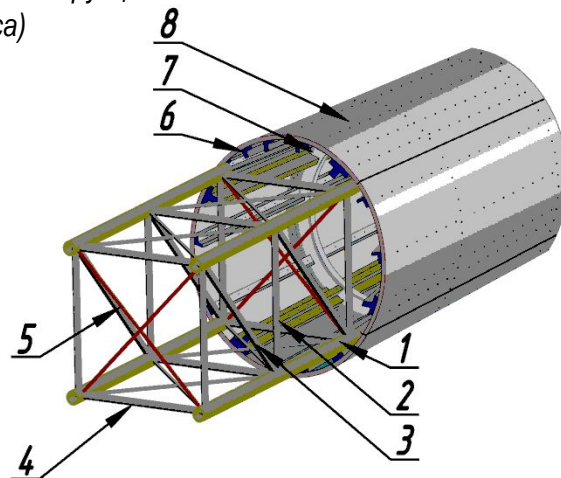
КЛАССИФИКАЦИЯ ФЮЗЕЛЯЖЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЕ

Ферменный (с мягкой обшивкой)



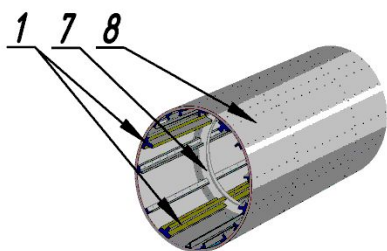
Ферменный (с жесткой обшивкой)

1. Лонжероны (в ферменной конструкции пояса)
2. Стойки
3. Раскосы (диагонали)
4. Распорки
5. Расчалки
6. Стрингеры
7. Шпангоуты
8. Обшивка (жесткая)
9. Обшивка (мягкая)

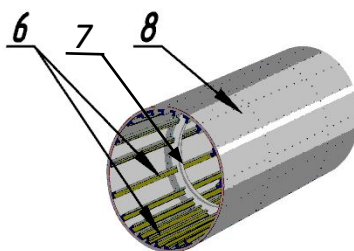


Балочные

Лонжеронно-балочный



Стрингерно-балочный



Обшивочно-балочный

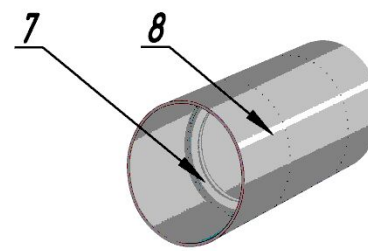
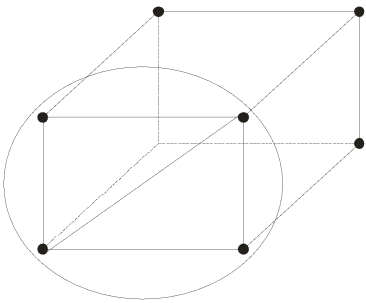
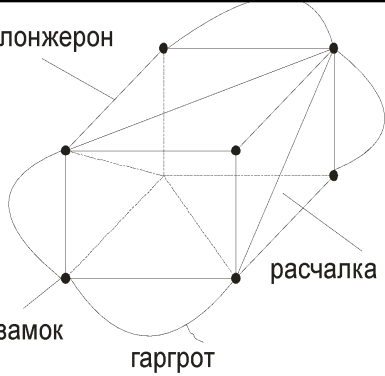
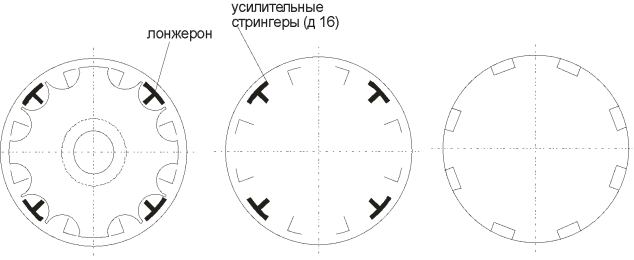


Рис. 3.44.

Ферменная	Ферменно-балочная	Балочная
		
<p>Обшивка нежесткая, используются накладки для соединения элементов</p>	<p>Появляется работающая жесткая обшивка</p>	<p>1) Балочно-лонжеронная; 2) Балочно-стрингерная (полу-монокок); 3) Балочно-обшивочная (монокок) конструкции.</p>
<p>Достоинства: - легкая конструкция, ибо все нагрузки на растяжение/сжатие элементов (Q, Mизг, Mкр); - при росте температуры происходит примерно одинаковое линейное растяжение стержней. Используется в космических аппаратах.</p> <p>Недостатки: - использование на больших скоростях не возможно, из-за высоких требований к форме поверхности.</p>	<p>Достоинства: - улучшена точность обводов фюзеляжа.</p>	<p>Состоит из: - стрингеров, обшивки, нормальных шпангоутов (D16) - лонжероны и силовые шпангоуты (30ХГСА)</p> <p>1) Используются для боевых/военных самолетов из-за значительных нагрузок от скорости напора. 2) Используются для пассажирских ЛА, т.к. салоны нагружены внутренним давлением.</p>

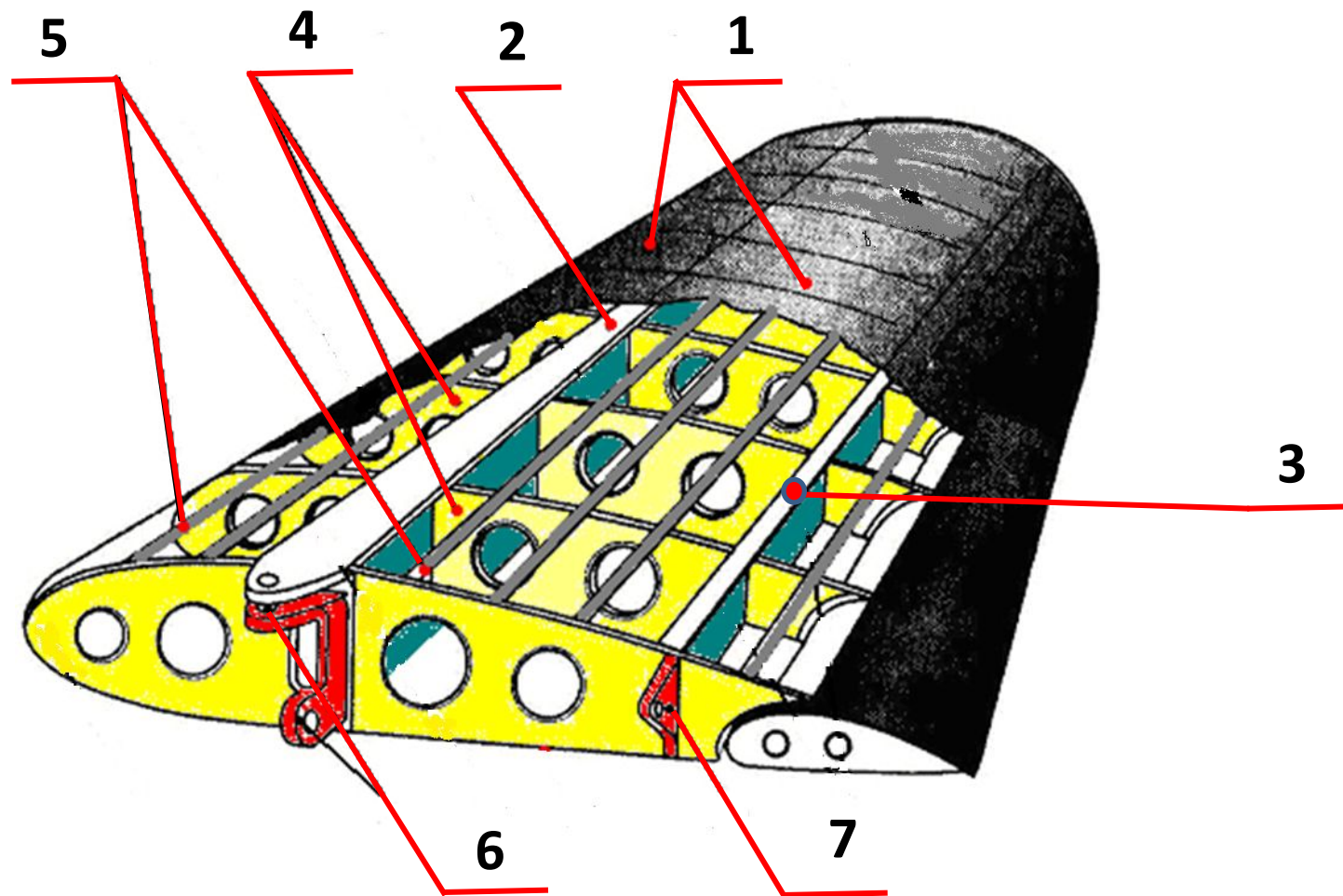
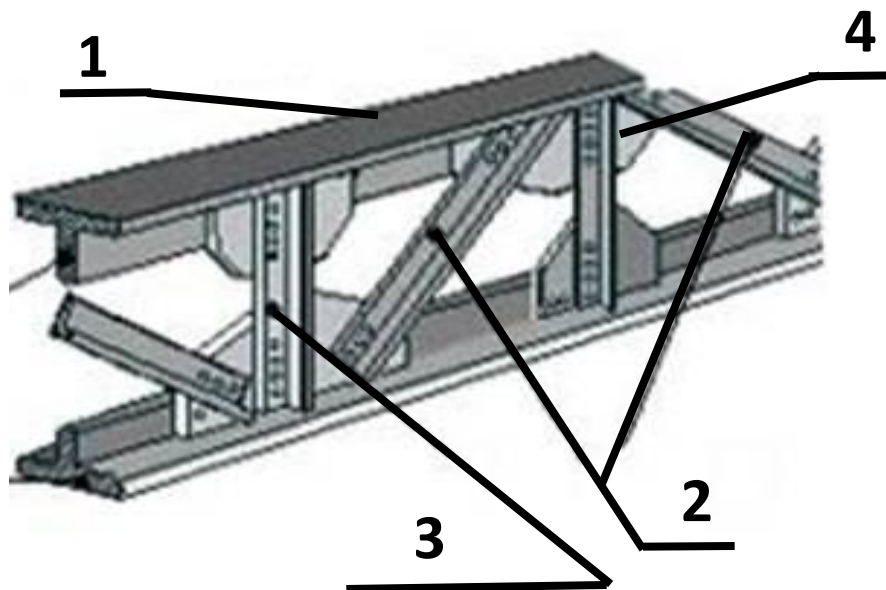


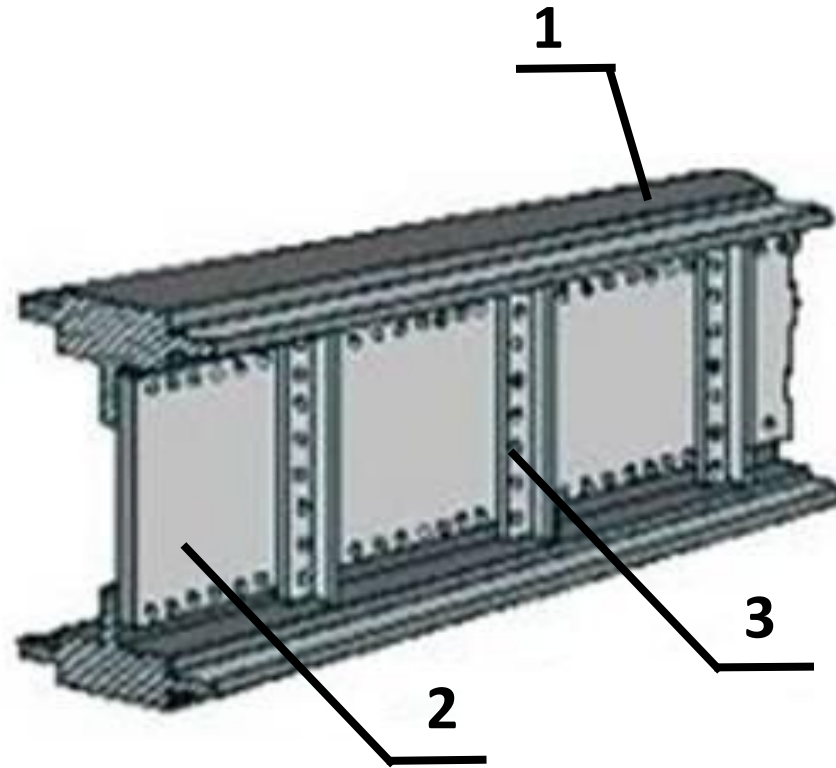
Рис. 2.4. Элементы конструкции крыла: 1- обшивка, 2 - лонжерон, 3- продольная стенка, 4 - нормальные нервюры, 5 - стрингеры, 6 - моментный узел, 7 - безмоментный (шарнирный) узел.

*

Тип силового набора	Силовой элемент	Назначение	Вид воспр. нагрузки
Продольны й	Лонжерон	Восприятие изгибающего момента и перерезывающей силы	Мизг, Qпер
	Стрингер	Подкрепление обшивки , повышение её критических напряжений, восприятие изгибающего момента	Мизг, Qпер
	Продольная стенка	Участвует в восприятии крутящего момента, замыкая контур, и перерезывающей силы	Мкр, Qпер
	Подкос	«Разгрузка» лонжерона от изгибающего момента	Мизг
Поперечны й	Нервюры	Придание формы профиля крыла, подкрепление обшивки , повышение её критических напряжений, воспри-ятие сосредоточенных нагрузок	Мизг (от Мкр), Qпер, Qсред
*	Обшивка	ст.пр.каф 101 Ларионова Е.В. Придание крылу	Мизг, Мкр ⁵¹



**Рис. 2.11. Конструкция ферменного лонжерона:
1 - пояс; 2 - подкос; 3 - стойка; 4 – косынка**



**Рис. 2.12. Конструкция балочного лонжерона:
1 - пояс; 2 - стенка; 3 - стойка**

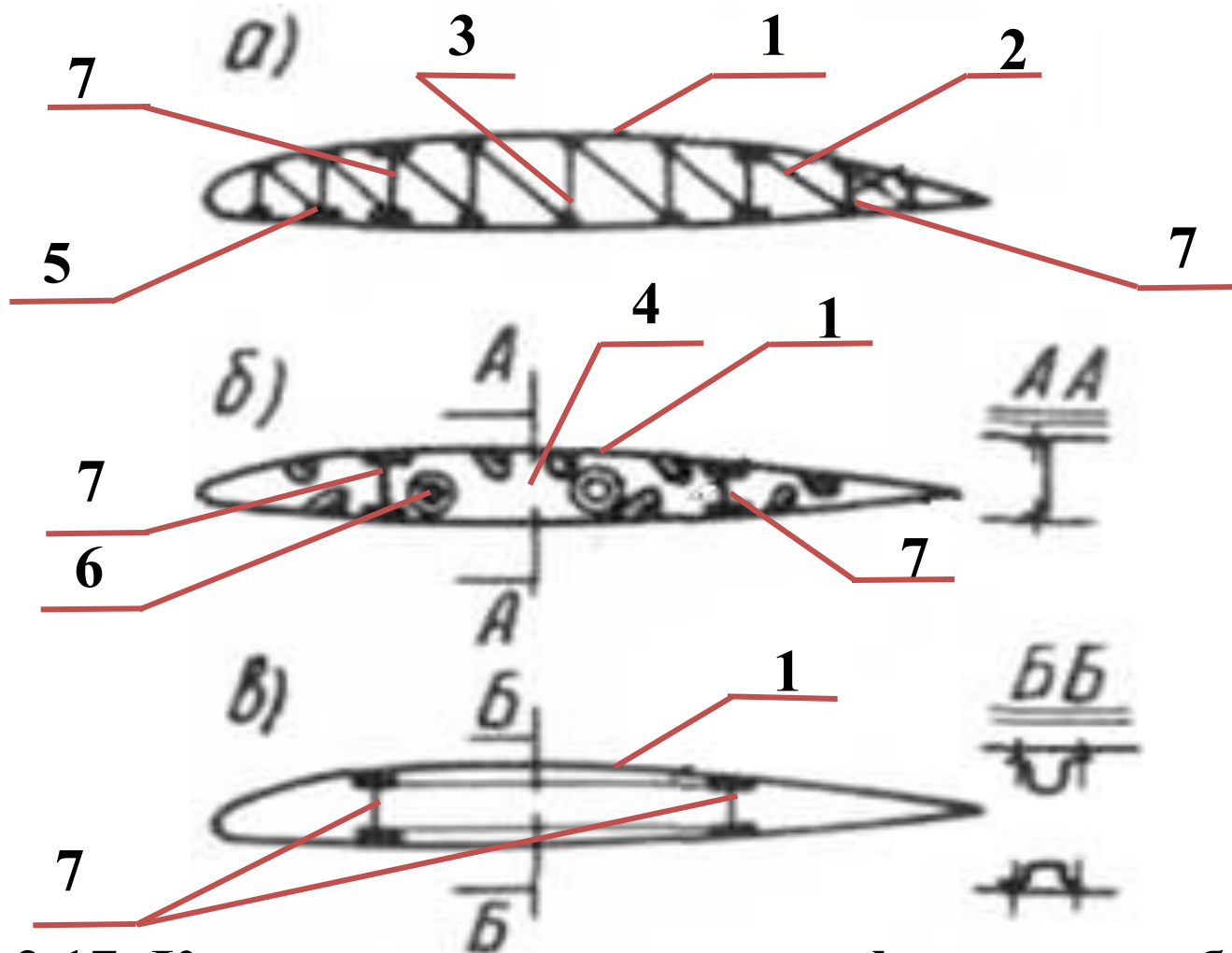
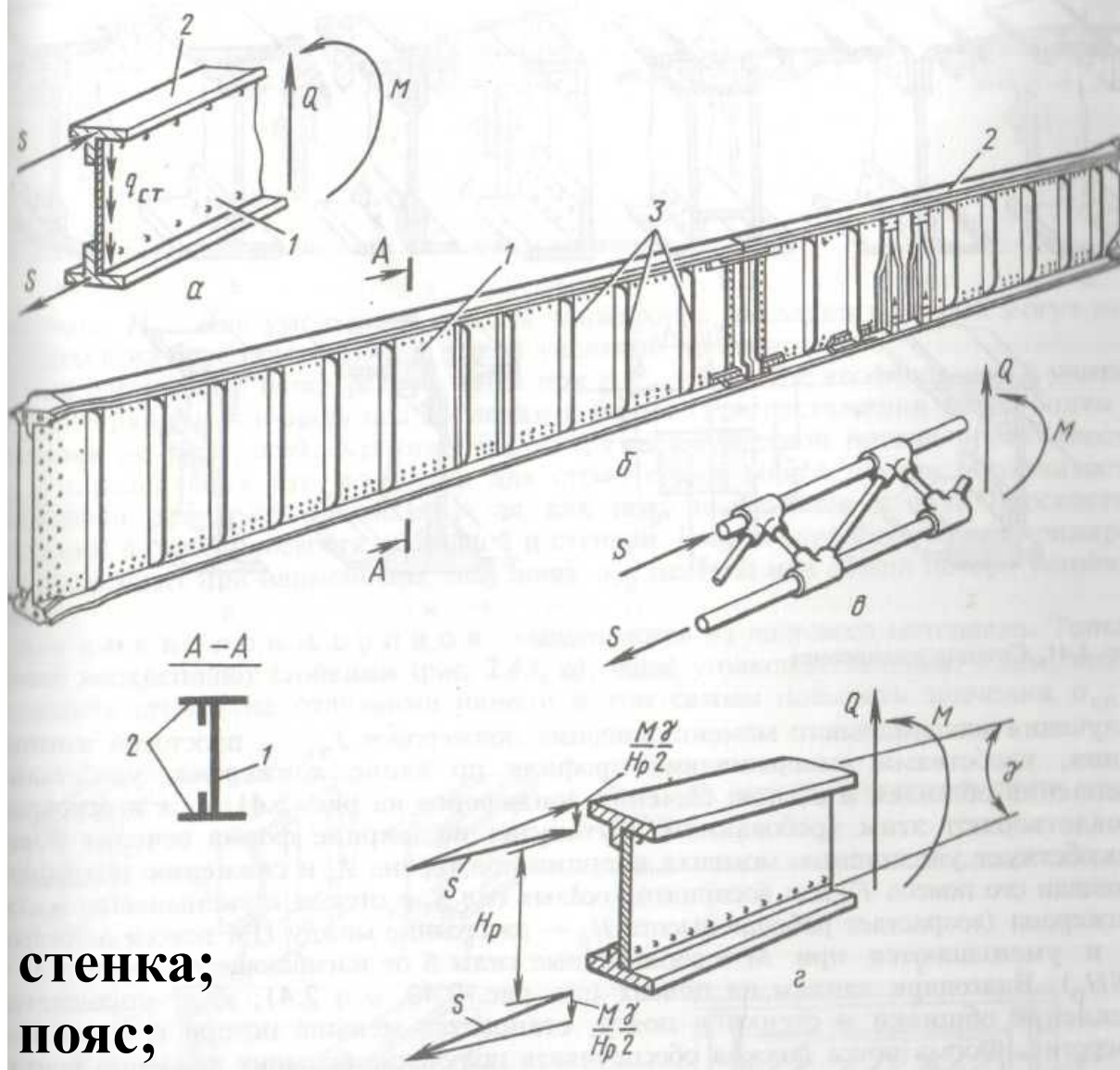


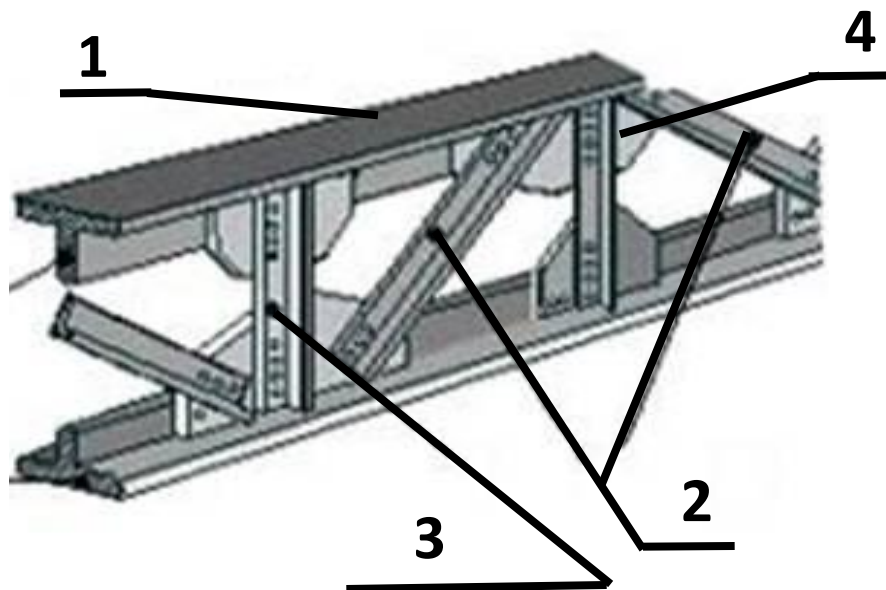
Рис. 2.17. Конструкции нервюр: а - ферменная; б - балочная; в – балочная рамная: 1 – полка (пояс); 2 - подкос; 3 - стойка; 4 – стенка; 5 – косынка; 6 – облегчающие отверстия; 7 - лонжерон.

Нервюры		Тип силового элемента
Ферменные	Ферменно-балочные	Тип конструктивно-силовые схемы
Балочные		
Нормальные	Усиленные	Вид силового элемента
Рамные	Стеночные с облегчающими отверстиями	Строение силового элемента
	Стеночные глухие	
Размещение в крыле грузов и топливных баков	подкрепление обшивки, повышение критических напряжений придание формы профилю крыла	Предназначение
	Восприятие сосредоточенных нагрузок	
	разделение отсеков с различными средами и давлением	

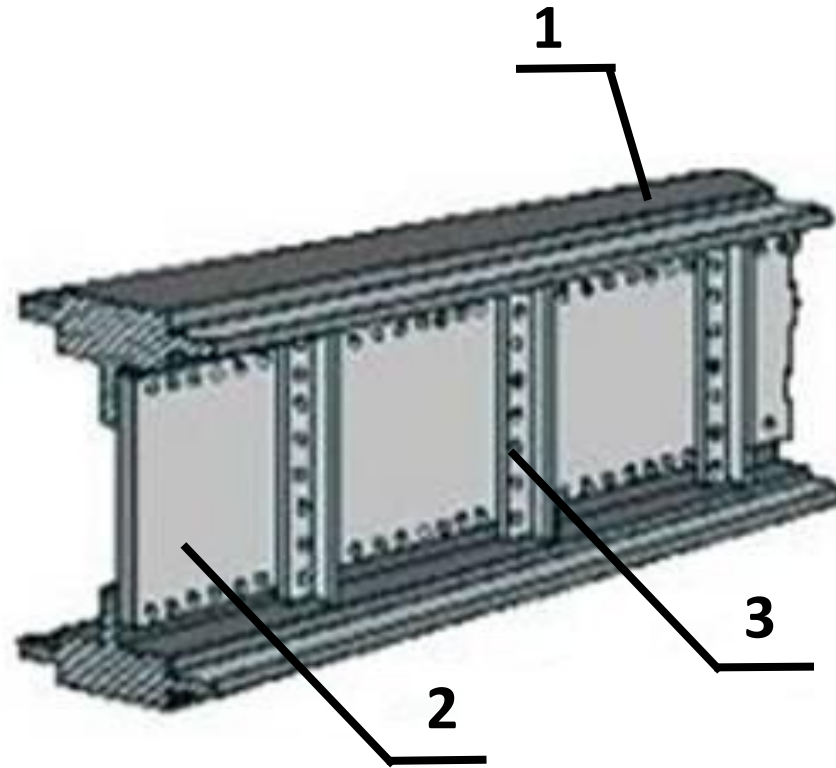


1. стенка;
2. пояс;
3. стойка

Рис. 3.11. Лонжерон



**Рис. 4.8. Конструкция ферменного лонжерона:
1 - пояс; 2 - подкос; 3 - стойка; 4 – косынка**



**Рис. 4.9. Конструкция балочного лонжерона:
1 - пояс; 2 - стенка; 3 - стойка**

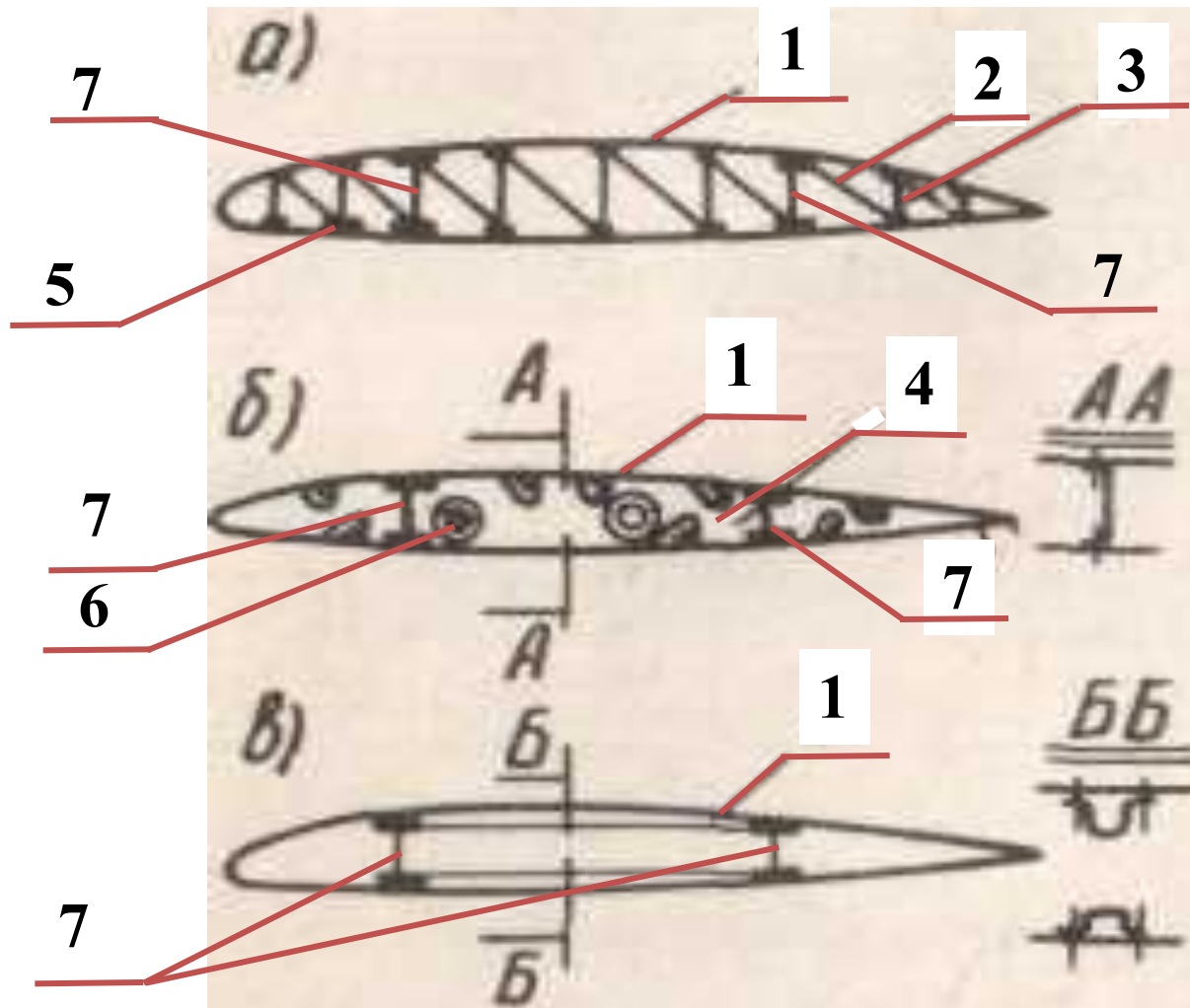
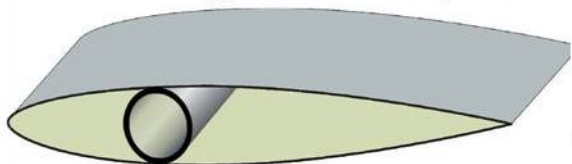


Рис. 3.18. Конструкции нервюр: а - ферменная; б - балочная; в – балочная рамная: 1 – полка (пояс); 2 - подкос; 3 - стойка; 4 – стенка; 5 – косынка; 6 – облегчающие отверстия; 7 - лонжерон.

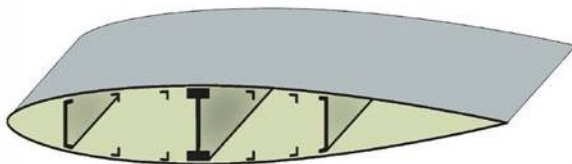
КЛАССИФИКАЦИЯ КРЫЛЬЕВ ПО КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЕ

ЛОНЖЕРОННЫЕ

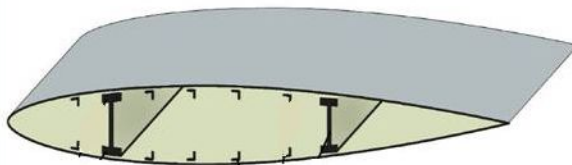
с одним трубчатым лонжероном



с одним лонжероном и двумя стенками



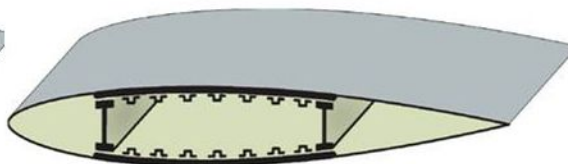
с двумя и более лонжеронами



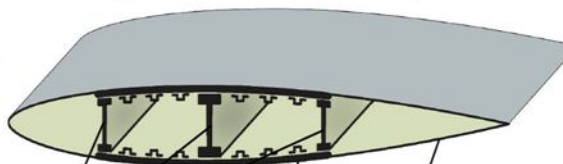
стрингеры

КЕССОННЫЕ

с двумя лонжеронами



с тремя и более лонжеронами



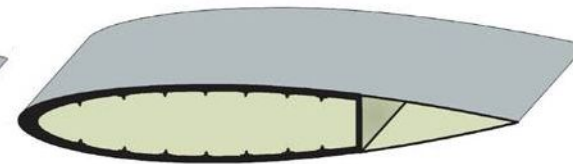
лонжероны

панель

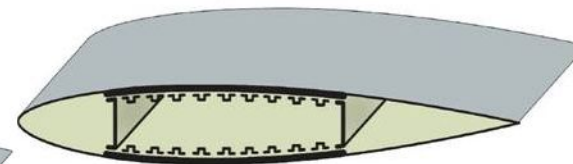
обшивка

МОНОБЛОЧНЫЕ

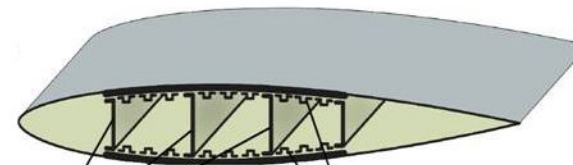
с одной продольной стенкой



с двумя продольными стенками



с тремя и более продольными стенками



продольная стенка

стрингеры

КАФЕДРА 101

Рис. 4.17.

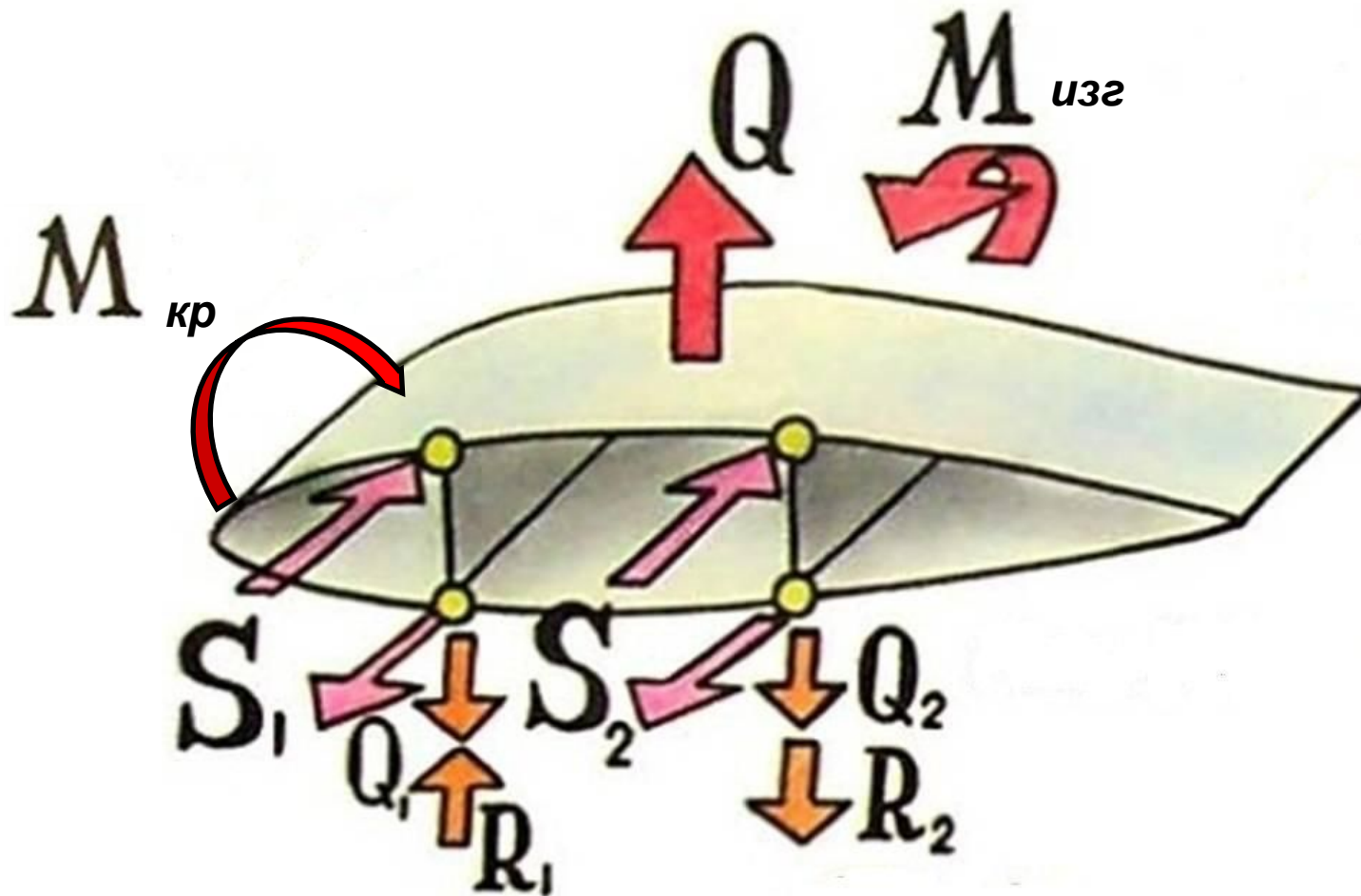


Рис. 4.19. Нагружение элементов двухлонжеронного крыла

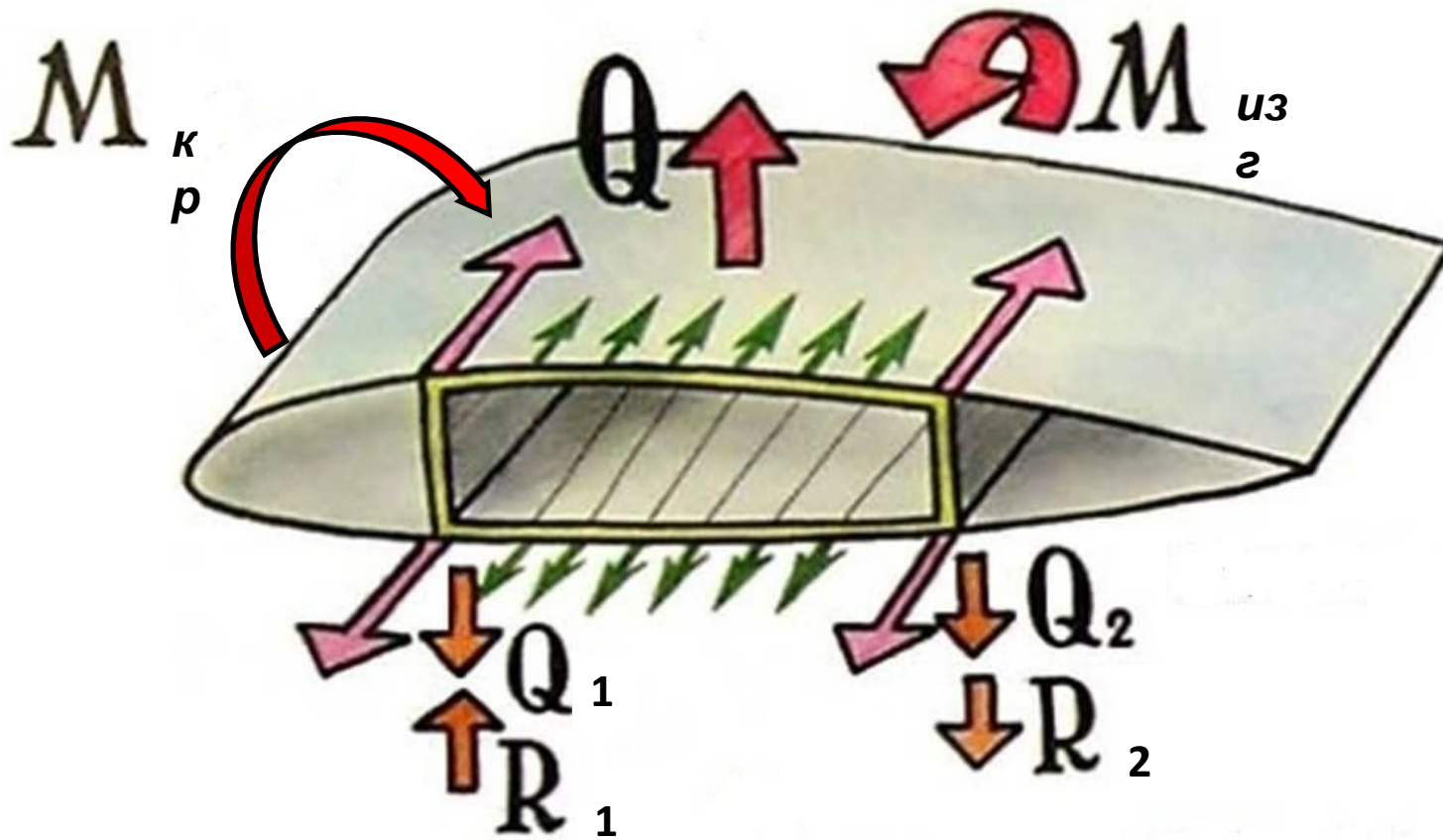


Рис. 4.20. Нагружение элементов кесонного крыла

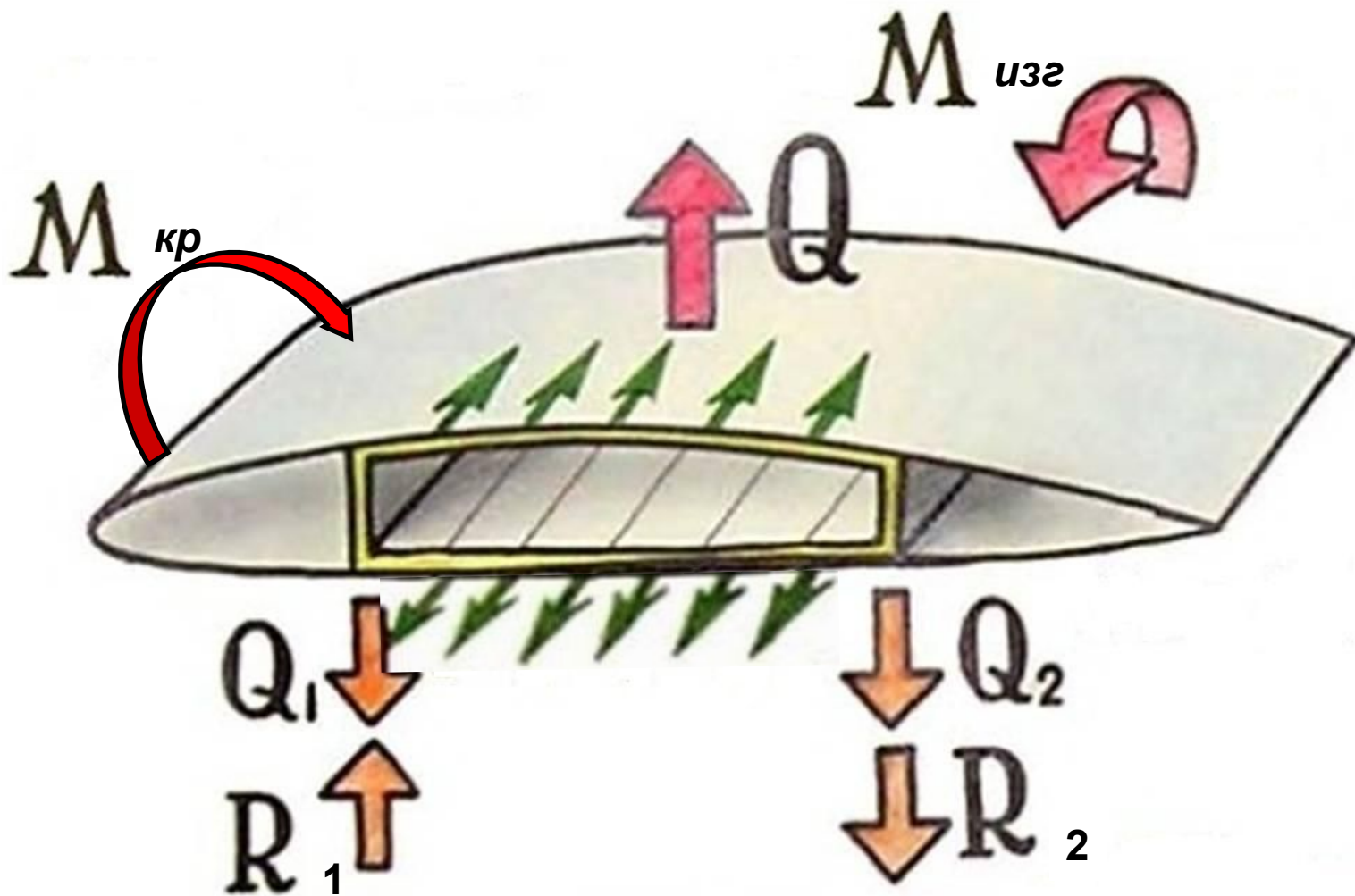
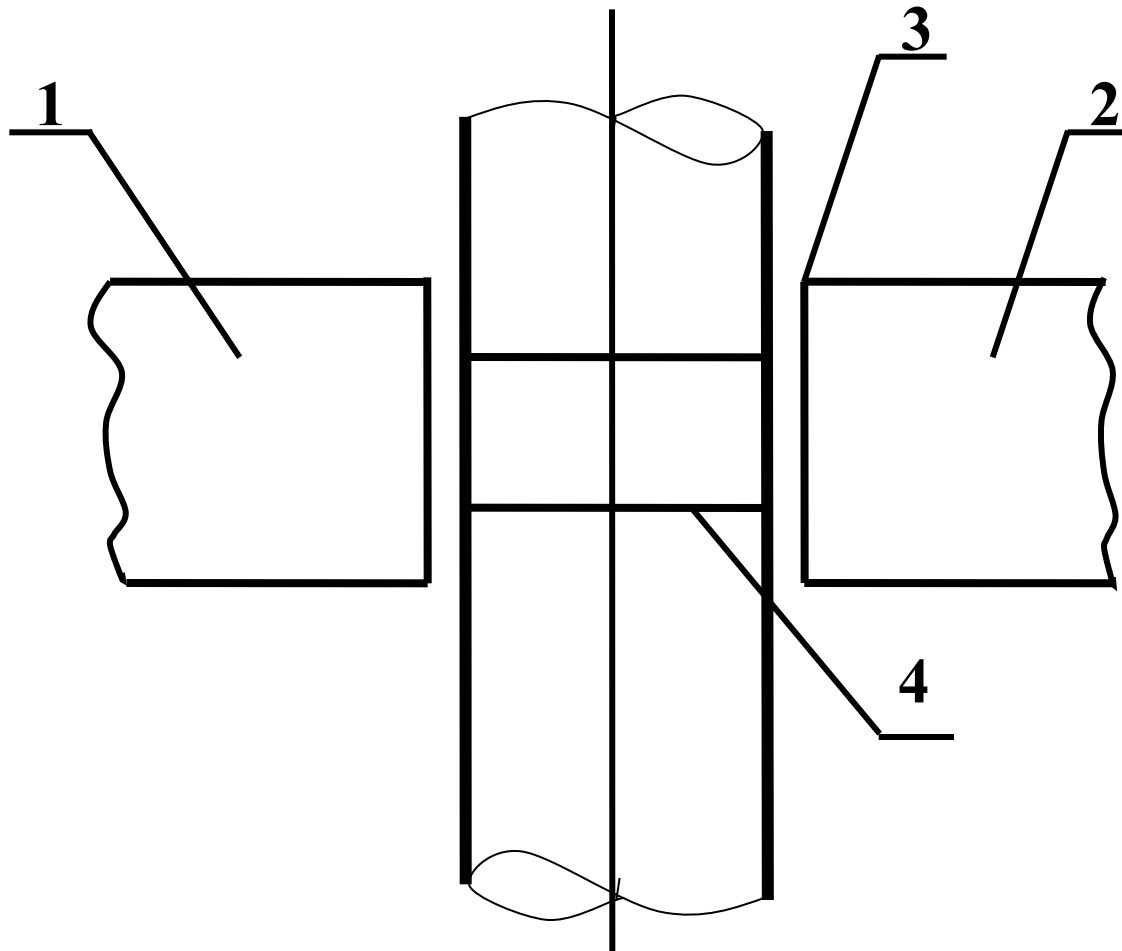
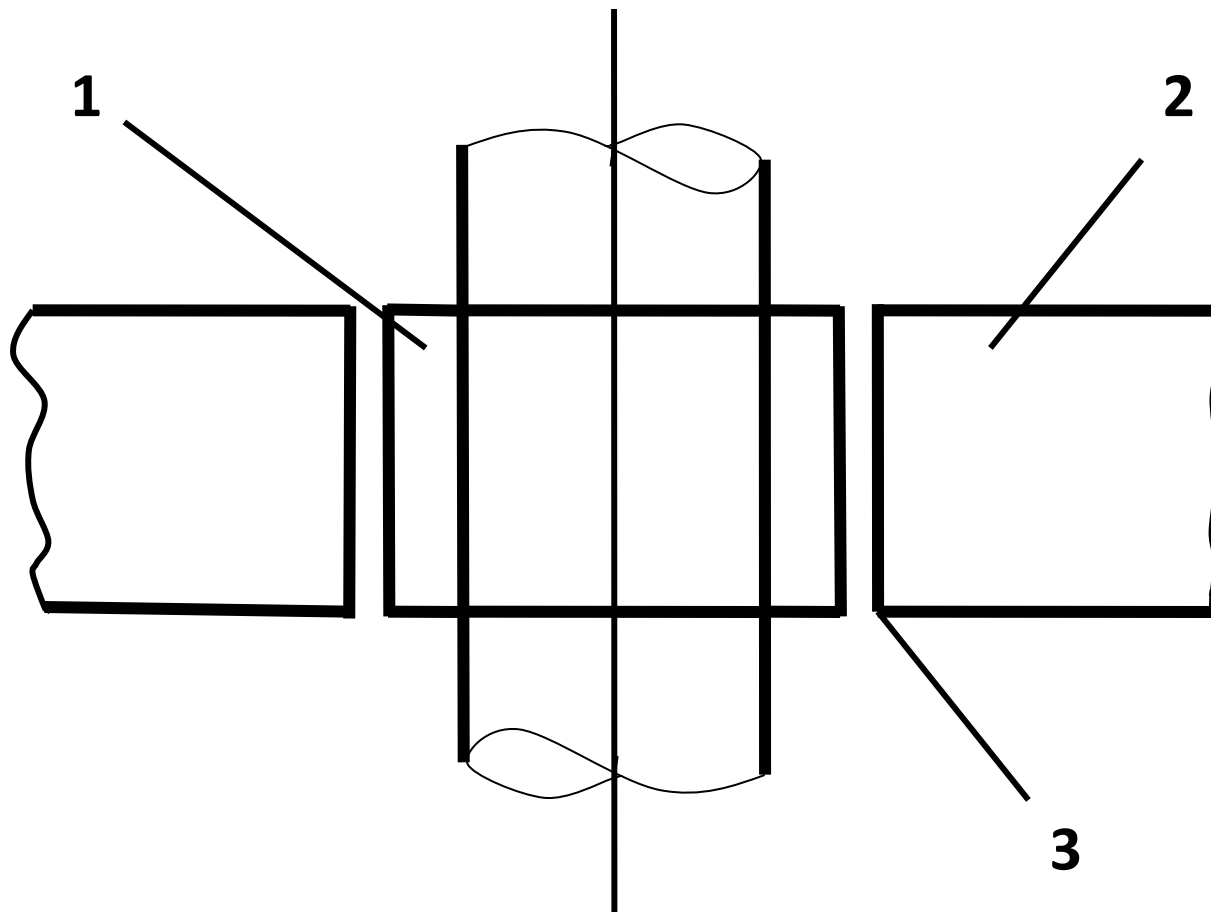


Рис. 3.21. Нагружение элементов моноблочного крыла



**Рис. 3.24. Разъемы в конструкции крыла:
1, 2 - консоли крыла ; 3 – разъем; 4 – усиленный шпангоут**



**Рис. 3.25. Разъемы в конструкции крыла:
1- центроплан; 2 - отъемная часть крыла (ОЧК); 3 - разъем**

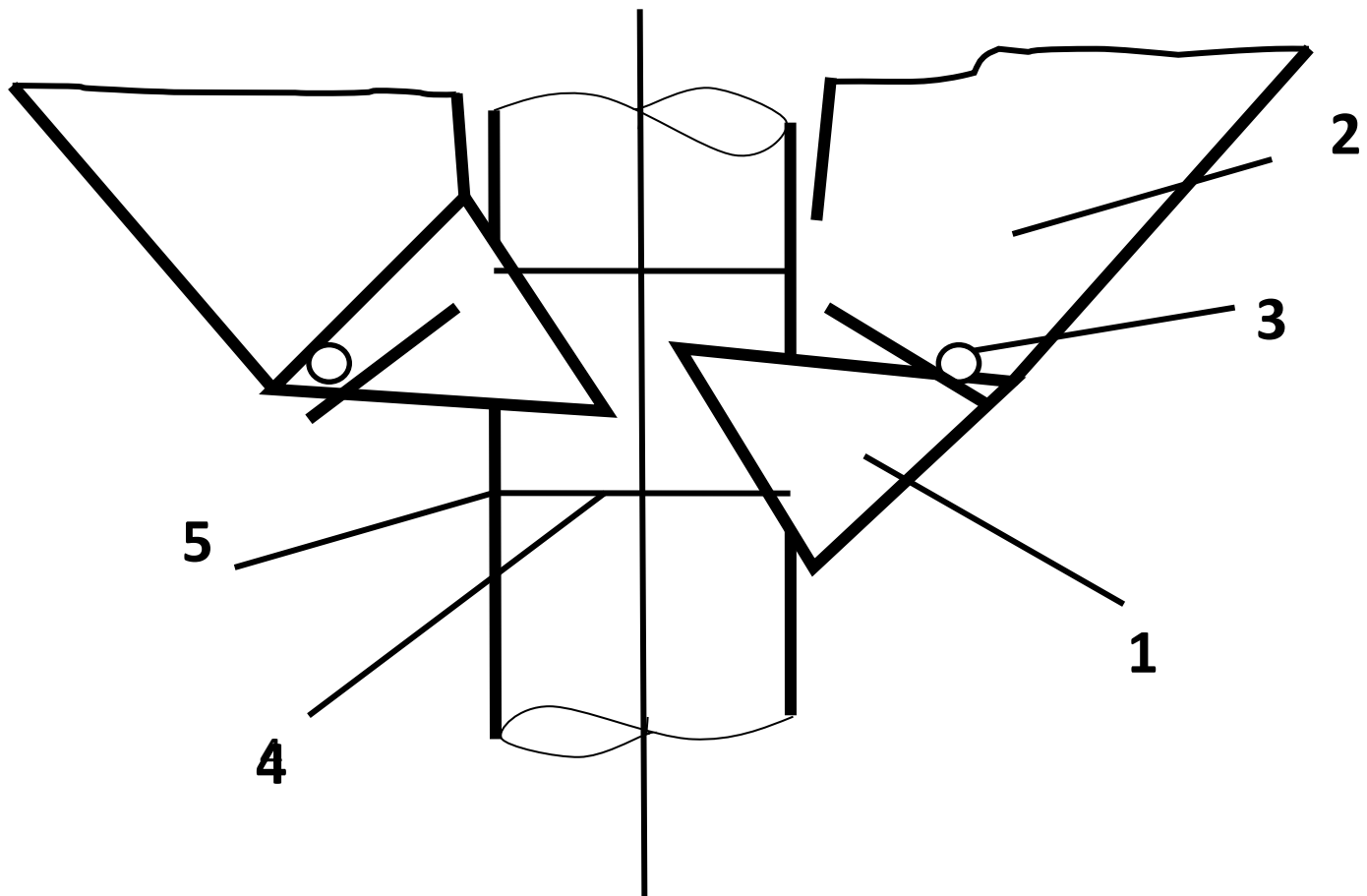


Рис. 3.26. Разъемы в конструкции крыла изменяемой геометрии (стреловидности):

1- неподвижная часть крыла; 2 - подвижная часть крыла ; 3- узел поворота крыла; 4 – усиленный шпангоут; 5 - разъем

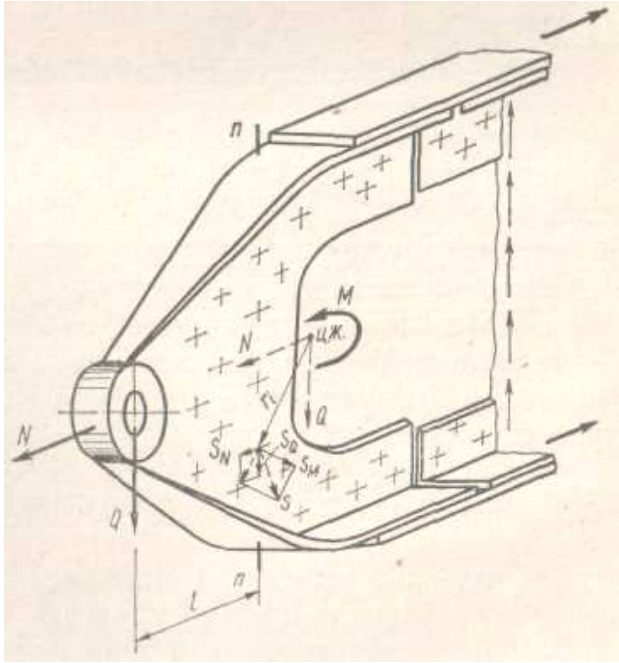


Рис. 3.27. Конструкция шарнирного узла

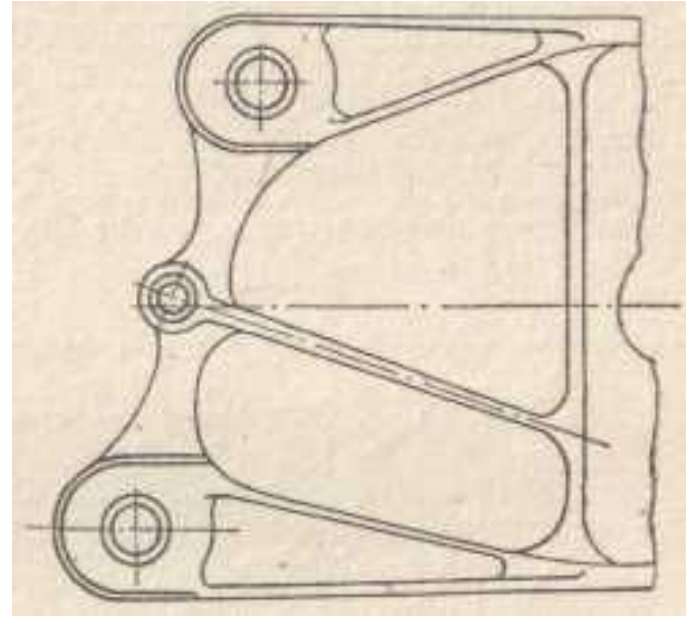


Рис. 3.28. Конструкция моментного узла

Рис. 3.29. Конструкции моментных узлов

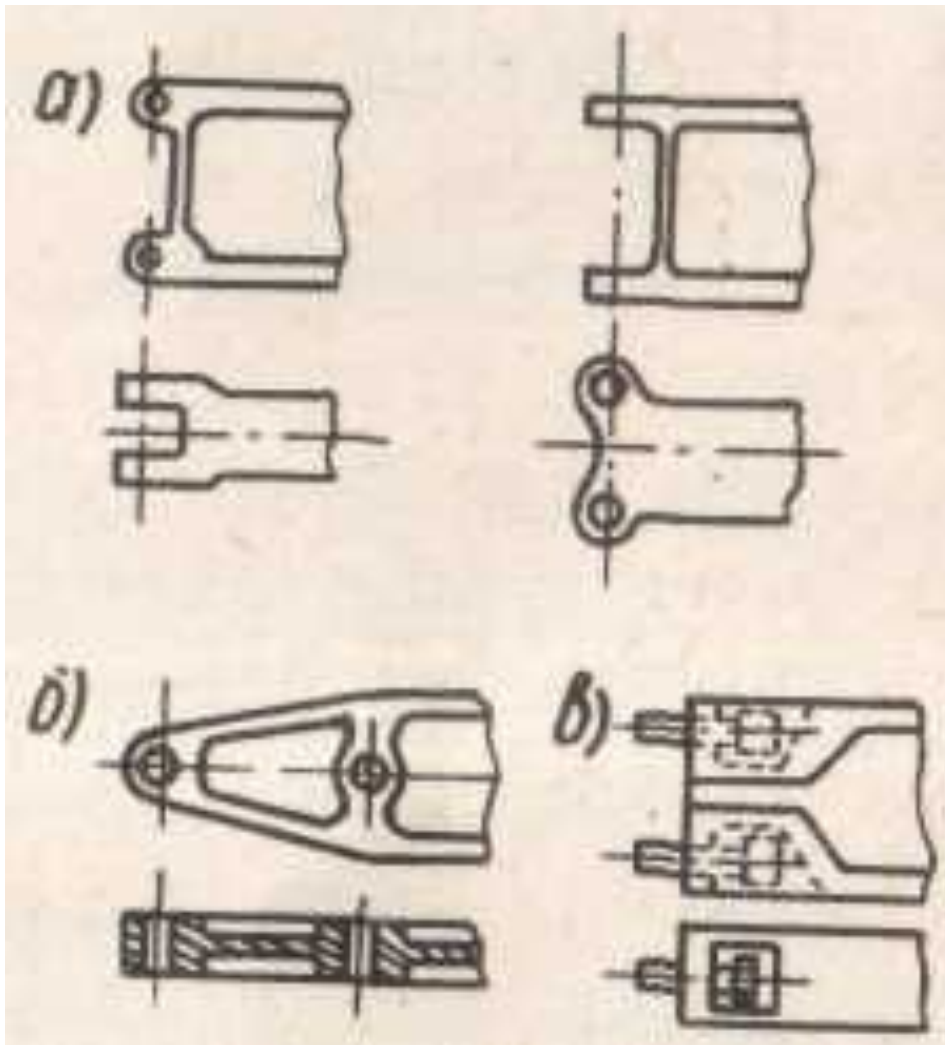


Рис. 3.30. Конструкции моментных узлов

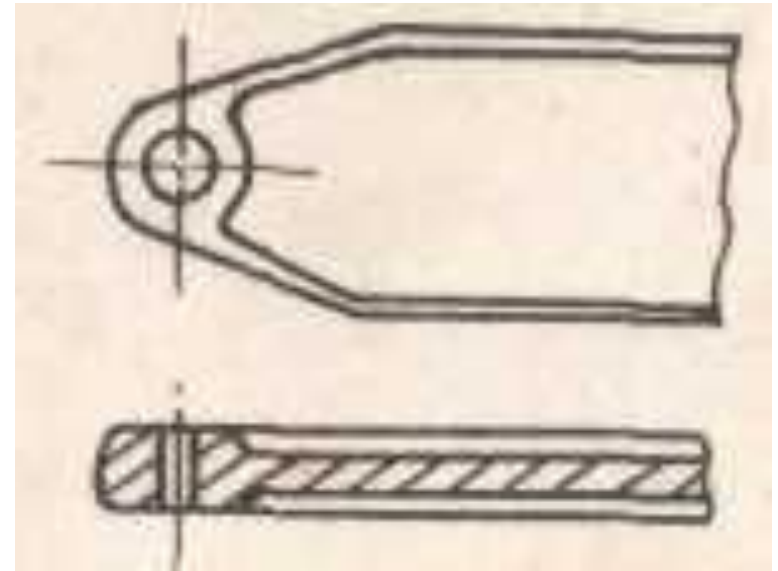


Рис. 3.31. Конструкция шарнирного узла

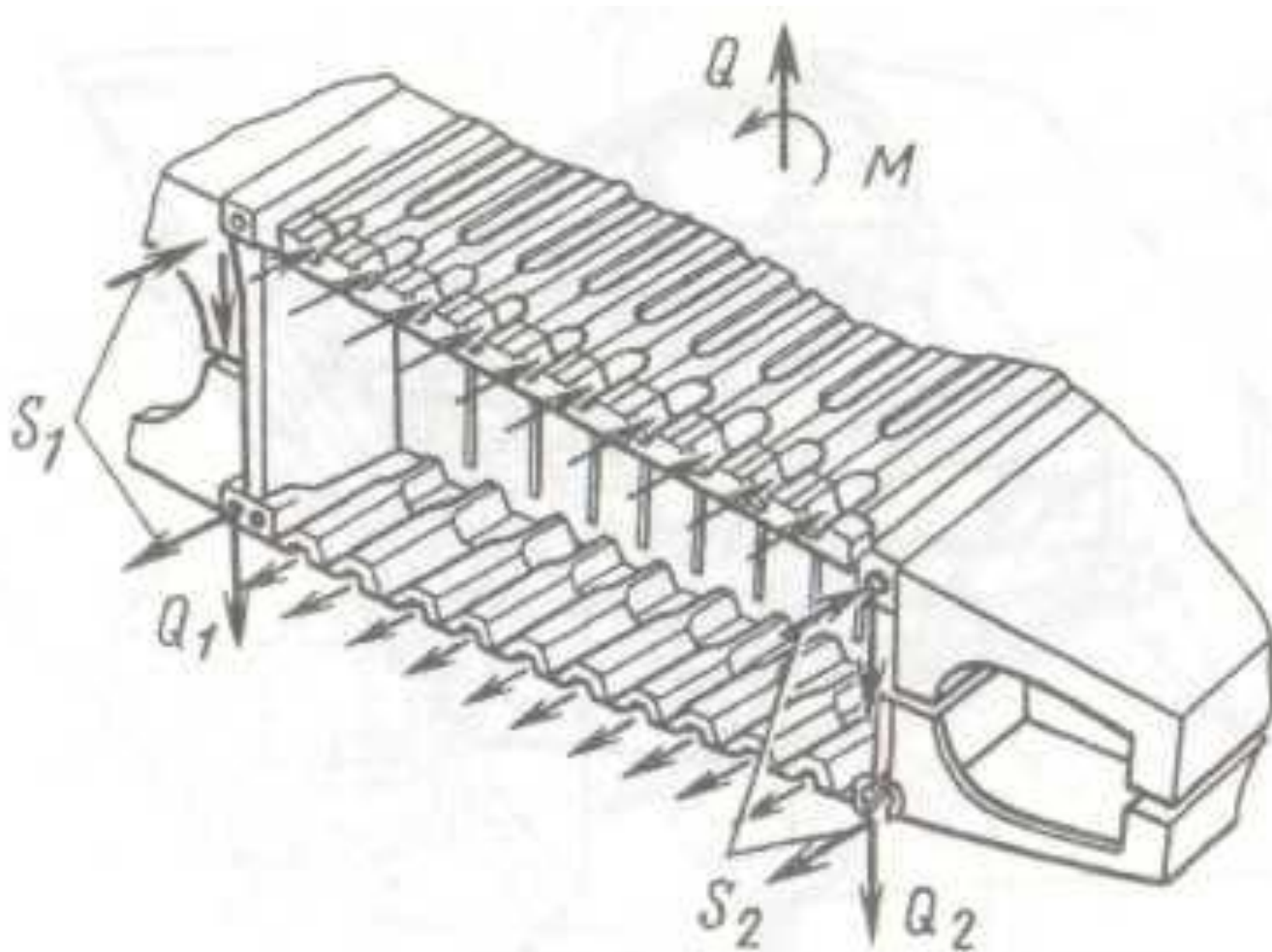


Рис. 3.32. Вариант конструкции стыкового соединения контурного узла кессонного крыла

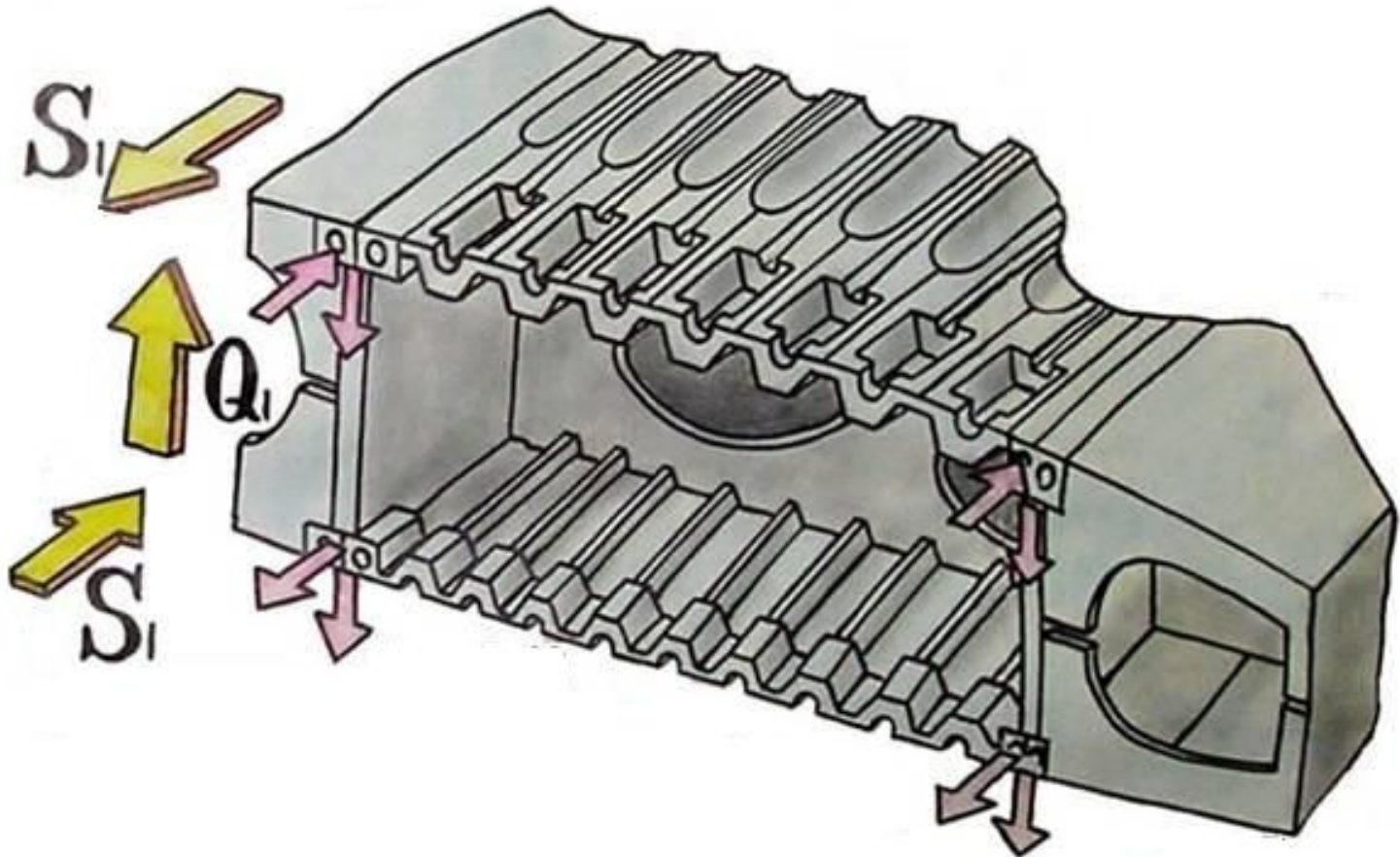


Рис. 3.33. Вариант конструкции стыкового соединения контурного узла кессонного крыла

СОЕДИНЕНИЯ

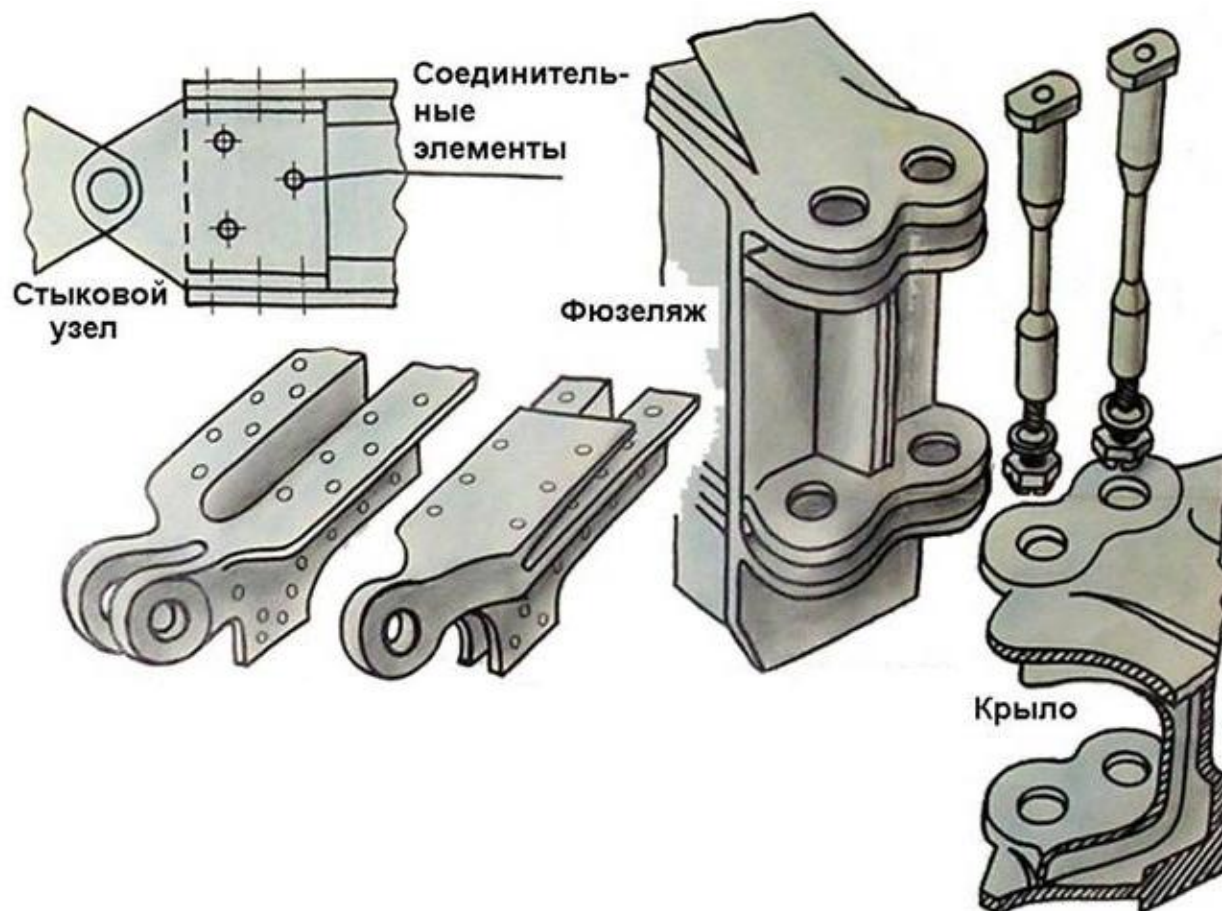


Рис. 3.34.

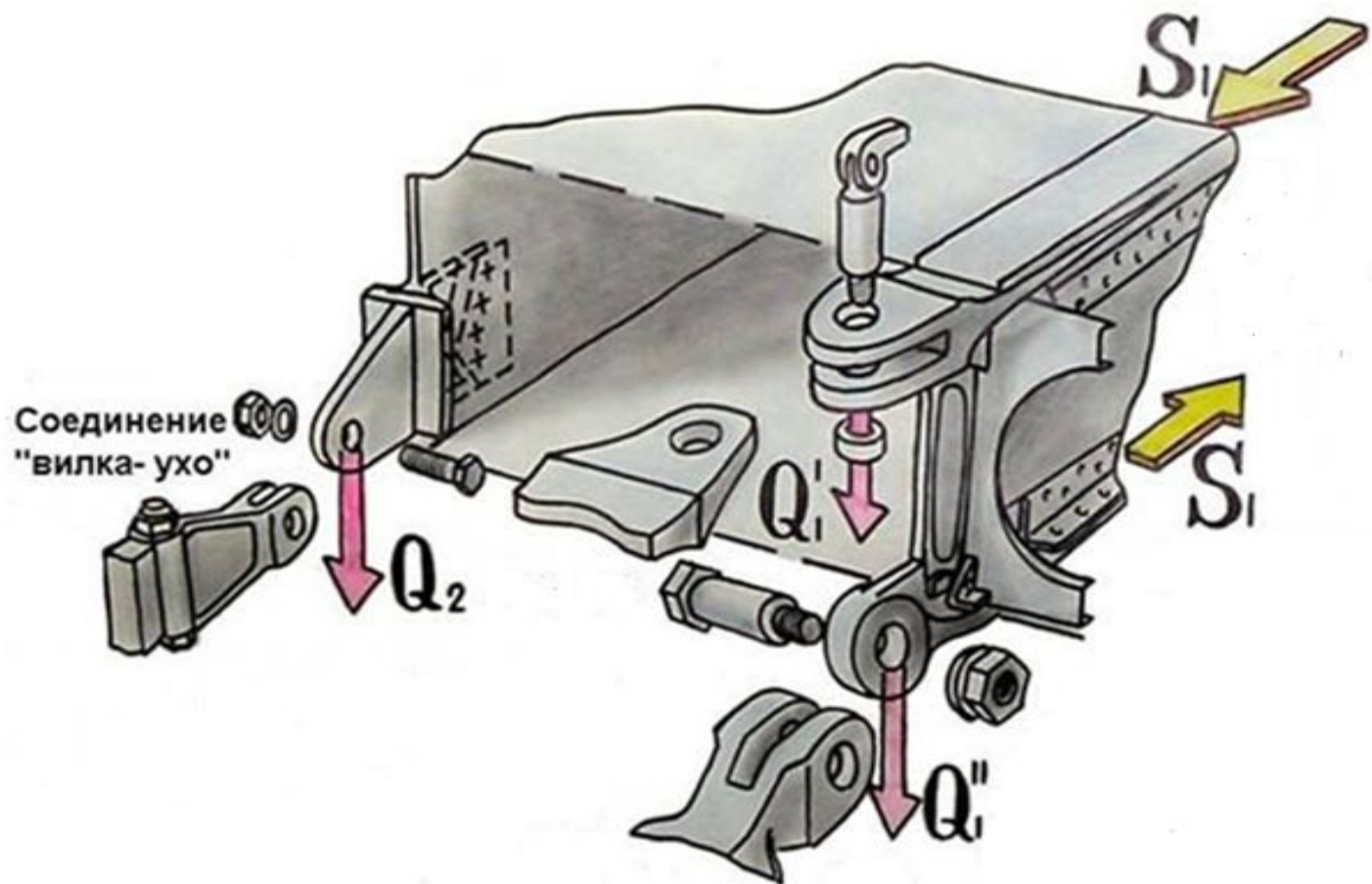
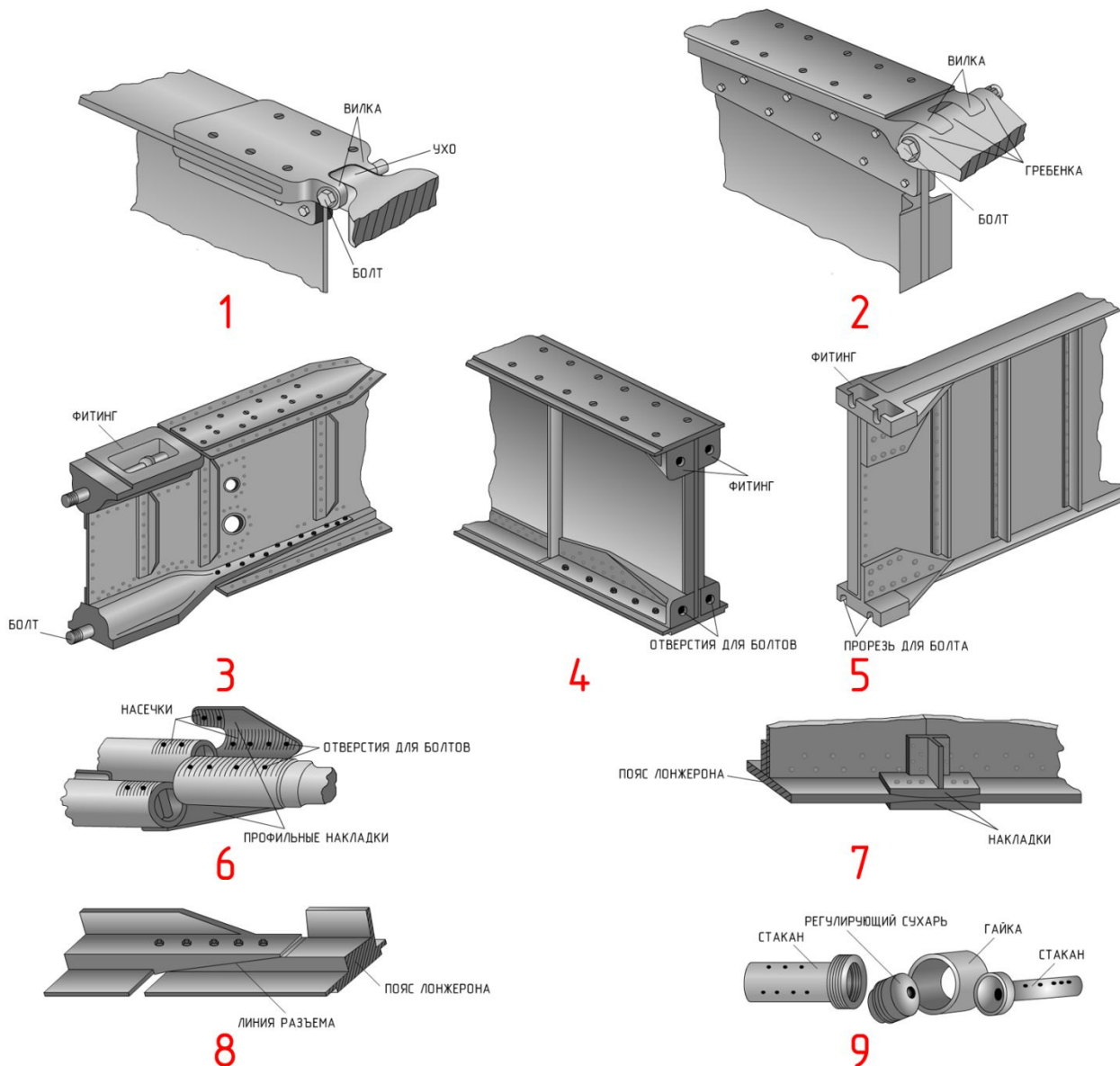


Рис. 3.35.

УЗЛЫ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ НА СТЫКАХ ЛОНЖЕРОНОВ КРЫЛЬЕВ



НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА УЗЛА	ЭСКИЗ СТЫКОВОГО УЗЛА И НАИМЕНОВАНИЕ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ
ВИЛКА-УХО	1
ГРЕБЕНКА-ВИЛКА	2
ФИТИНГИ	3, 4, 5
НАКЛАДКИ	6, 7
НА УС	8
НИПЕЛЬНЫЕ	9

Рис. 3.36.

Масса конструкции получается меньшей по сравнению с предыдущим вариантом, но часть внутреннего объема фюзеляжа занята центропланом.

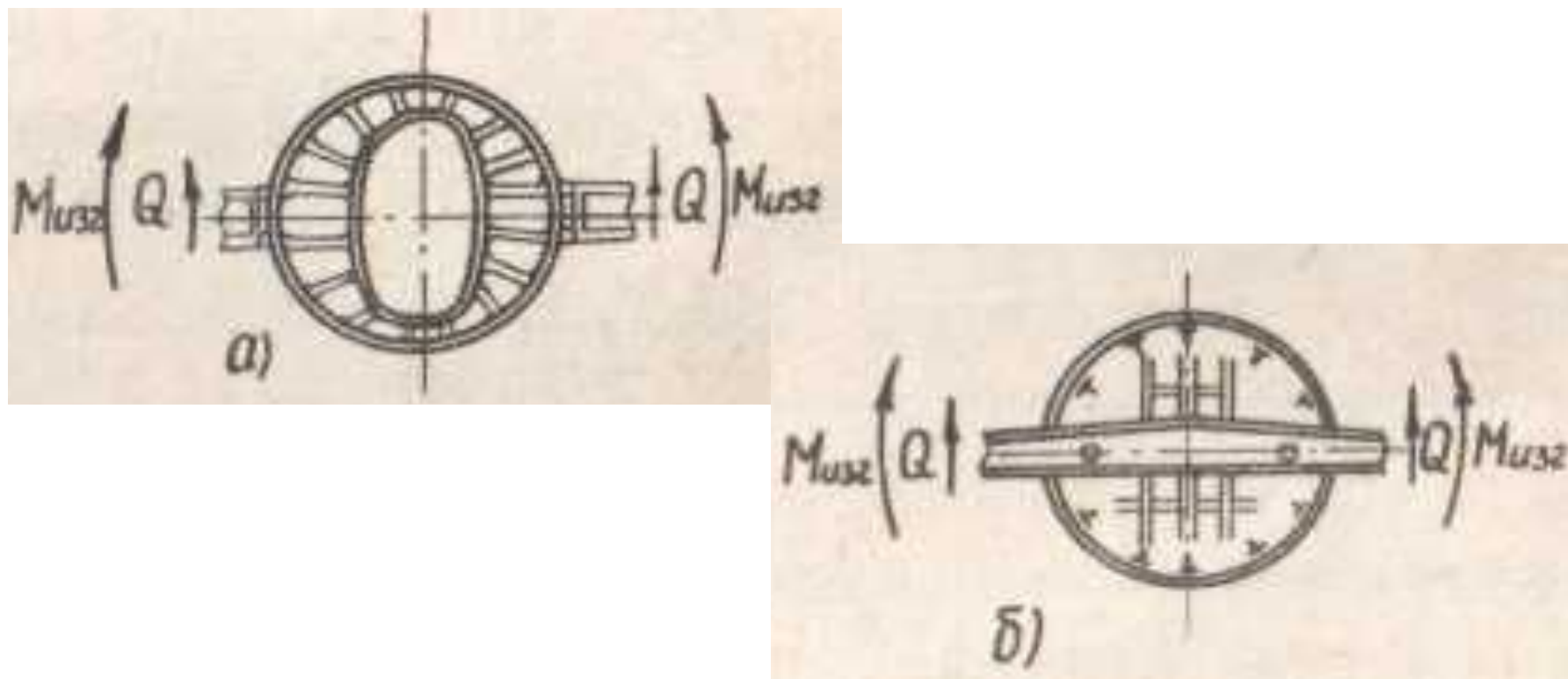


Рис. 3.37. Соединение крыла с фюзеляжем

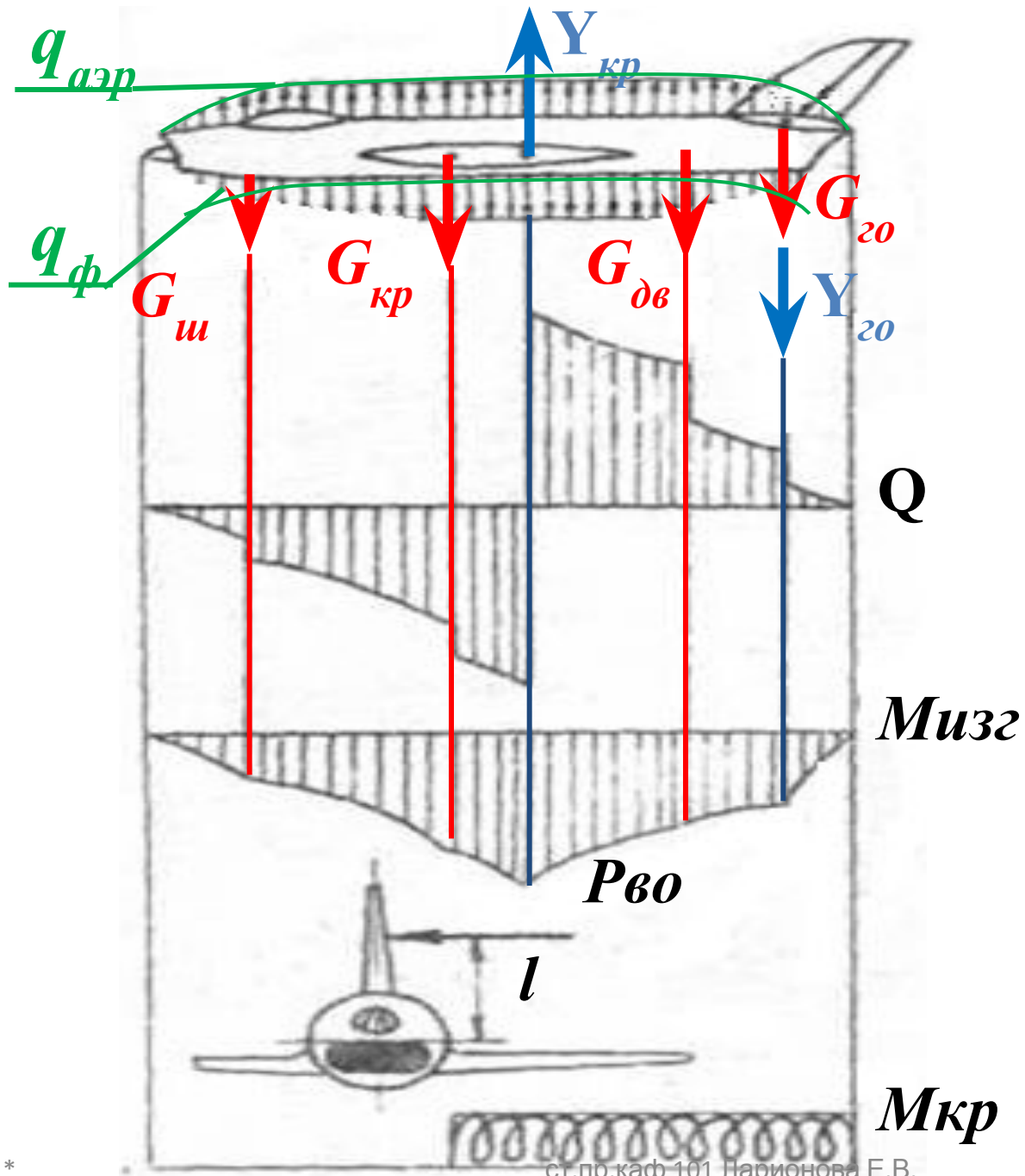
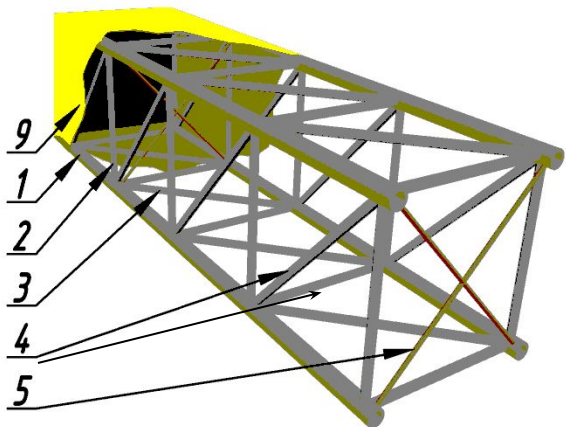


Рис. 3.38.

*

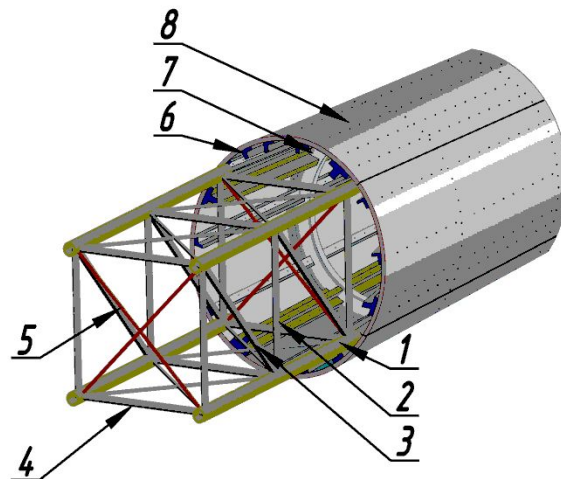
КЛАССИФИКАЦИЯ ФЮЗЕЛЯЖЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЕ

Ферменный (с мягкой обшивкой)



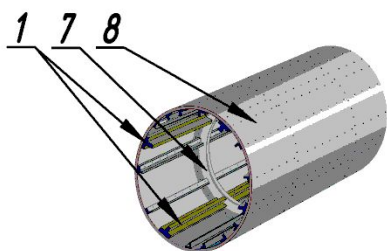
1. Лонжероны
2. Стойки
3. Раскосы (диагонали)
4. Распорки
5. Расчалки
6. Стрингеры
7. Шпангоуты
8. Обшивка (жесткая)
9. Обшивка (мягкая)

Ферменный (с жесткой обшивкой)

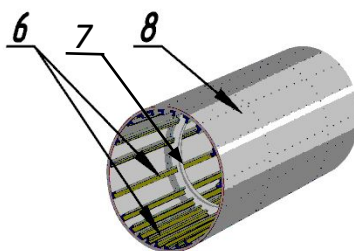


Балочные

Лонжеронно-балочный



Стрингерно-балочный



Обшивочно-балочный

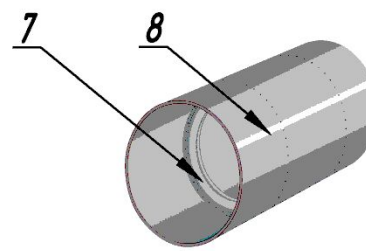
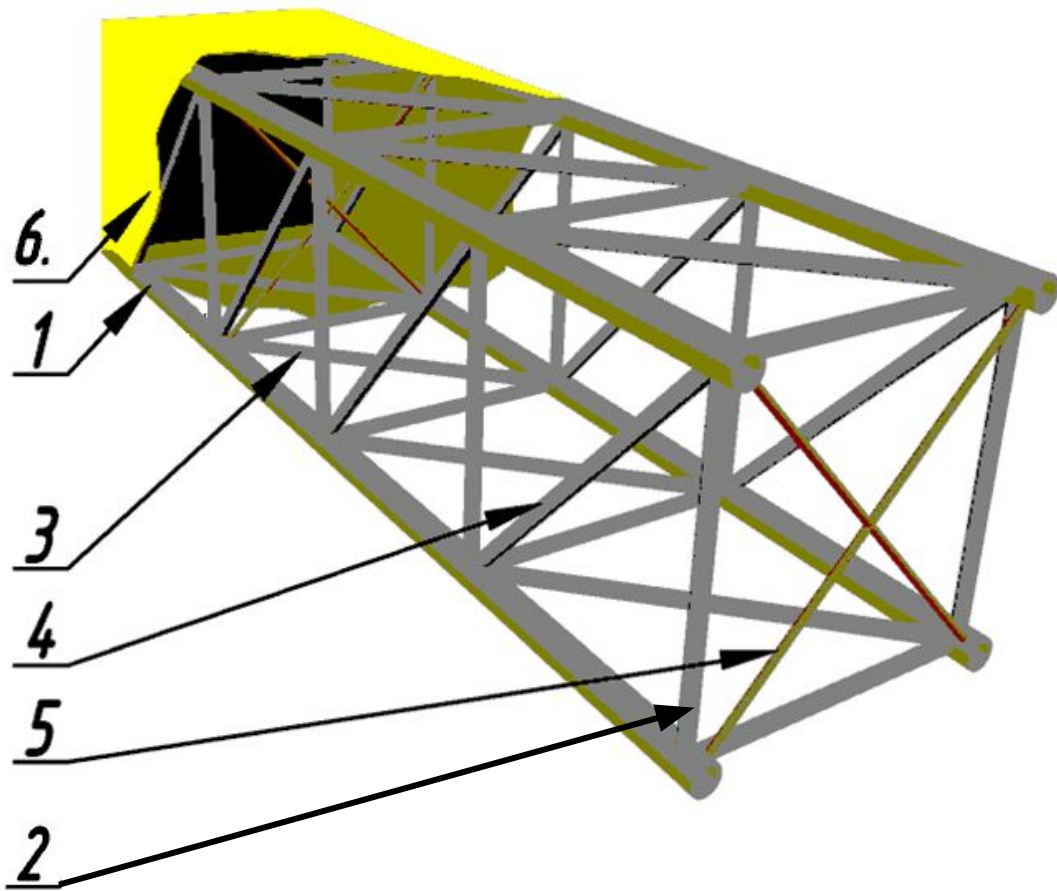


Рис. 3.41.



1. Лонжерон
2. Стойки
3. Раскосы (диагонали)
4. Распорки
5. Расчалки
6. Обшивка (мягкая)

Рис. 2.40. Фюзеляж ферменной конструкции

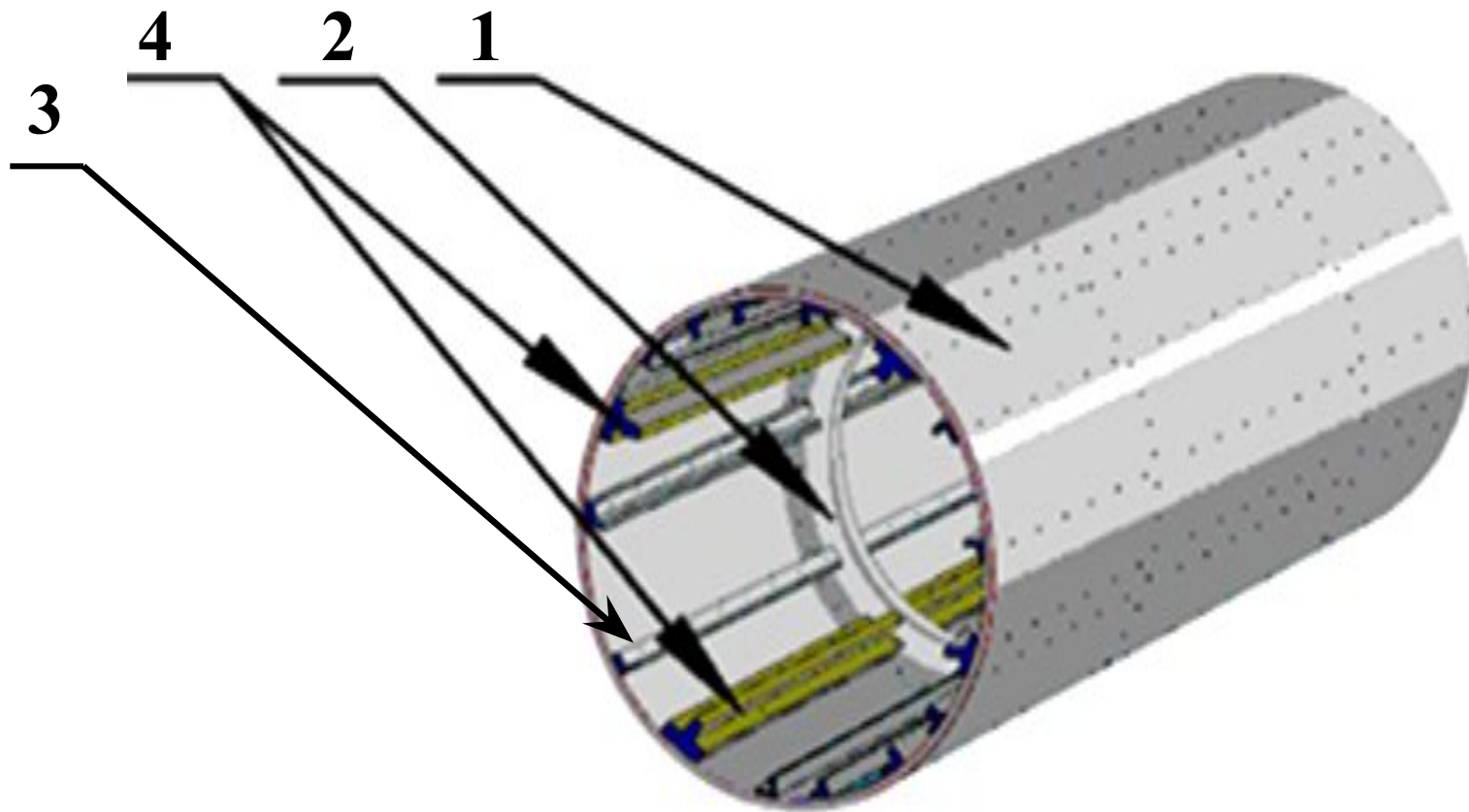
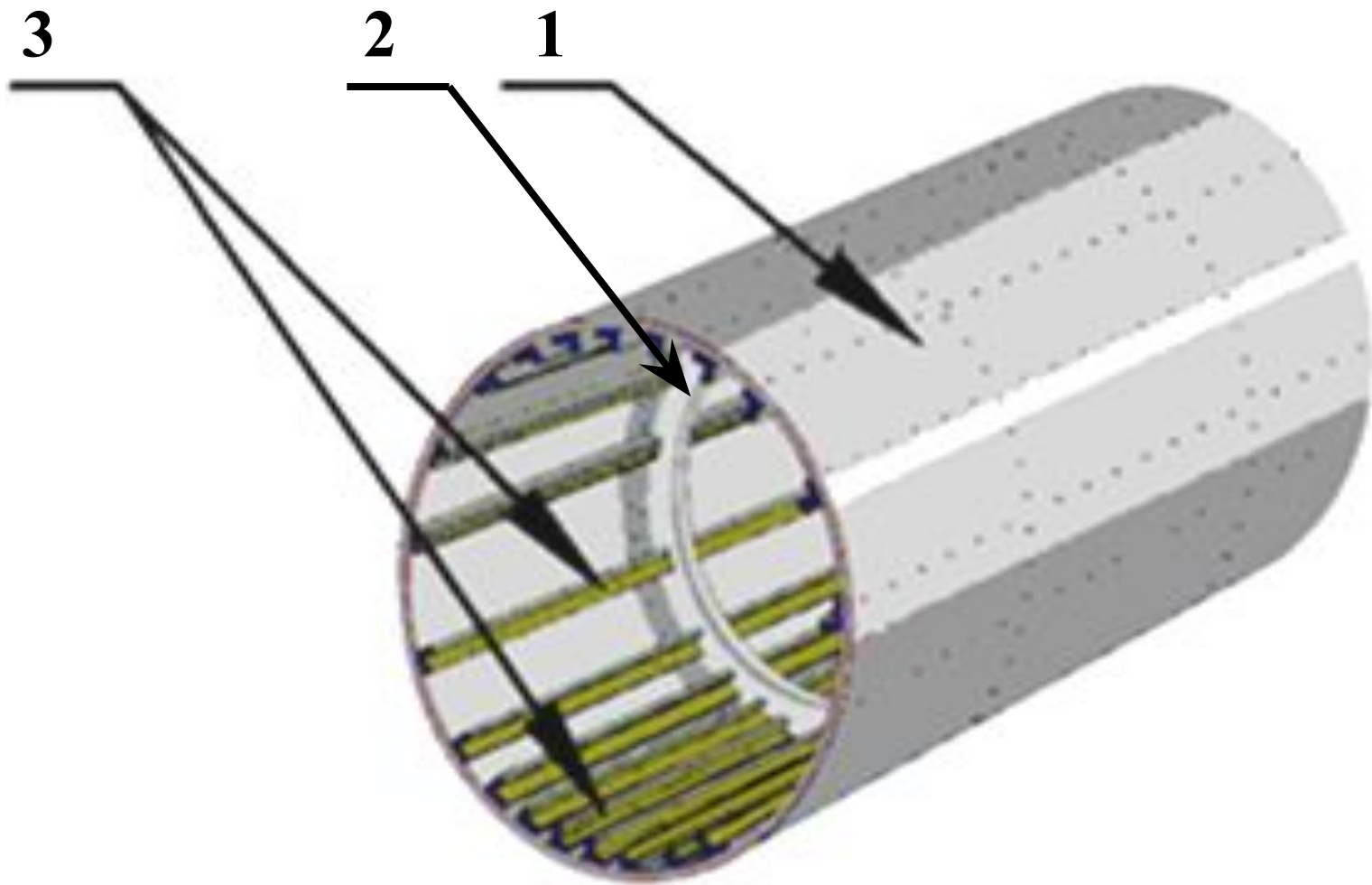


Рис. 2.48. Балочно-лонжеронный фюзеляж

1 – обшивка; 2 – шпангоут; 3 – стрингер; 4 - усиленные стрингеры (лонжероны);



**Рис. 2.49. Балочно-стрингерный фюзеляж
1 – обшивка; 2 – шпангоут; 3 – стрингеры;**

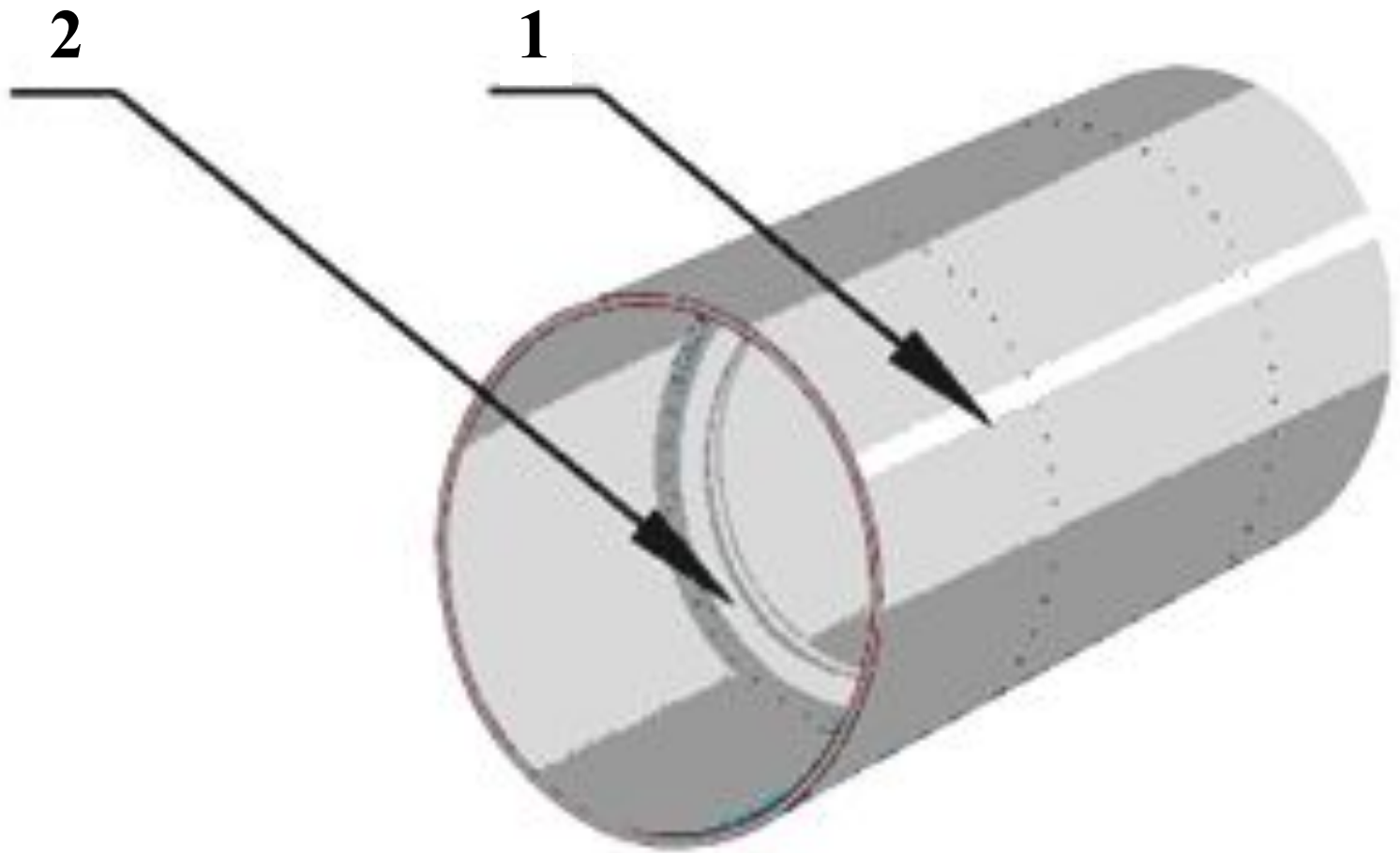


Рис. 2.50. Балочно-обшивочный фюзеляж
1 – обшивка; 2 – шпангоут

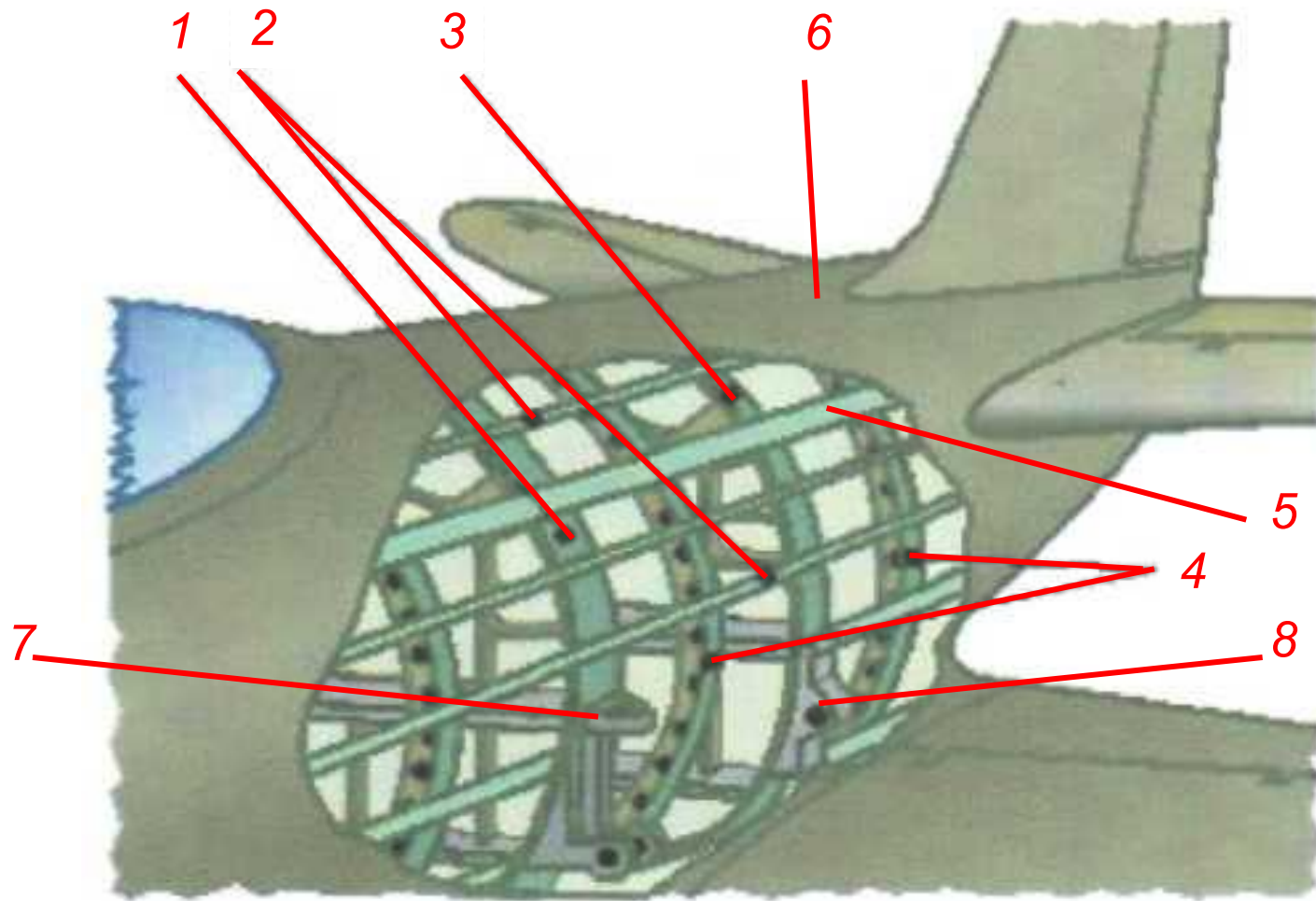


Рис. 3.51. Элементы конструкции лонжеронно-балочного фюзеляжа: 1, 3 - усиленный шпангоут; 2 - стрингер; 4 - нормальный шпангоут; 5 - лонжерон, 6 - обшивка; 7 - моментный узел; 8 - шарнирный узел.

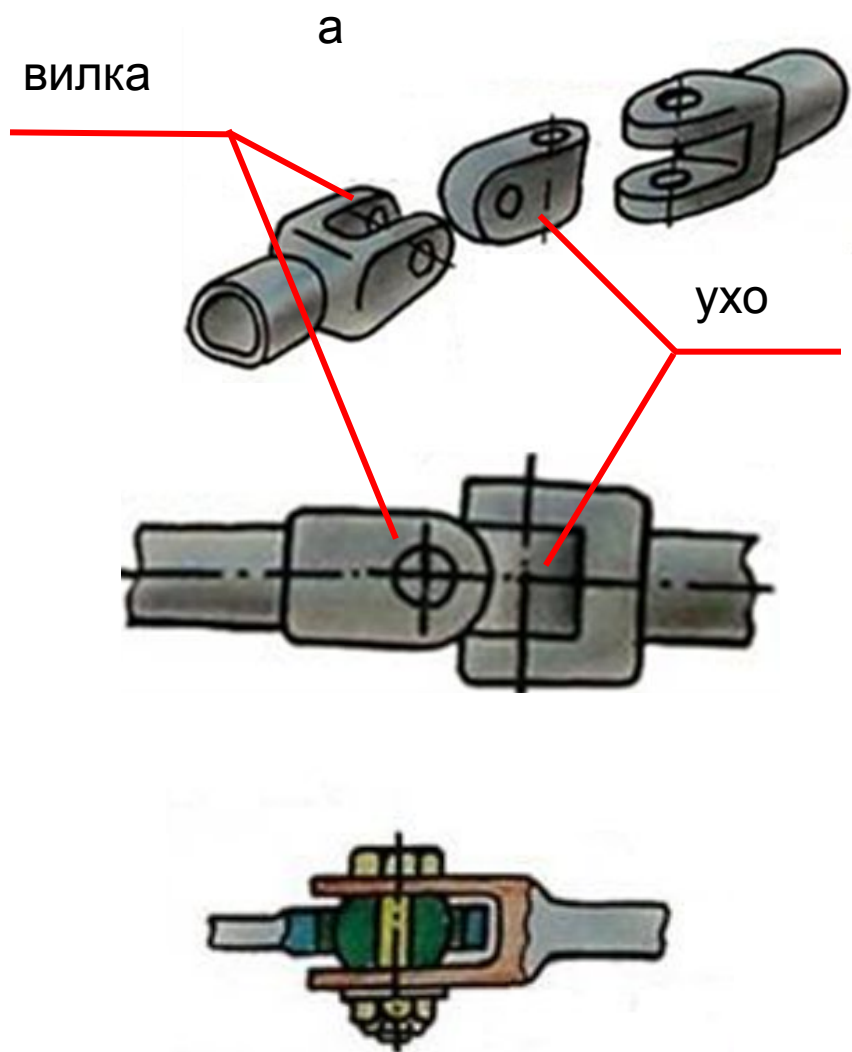


Рис. 3.55. а - соединение ухо-вилка, б - ухо-гребёнка.

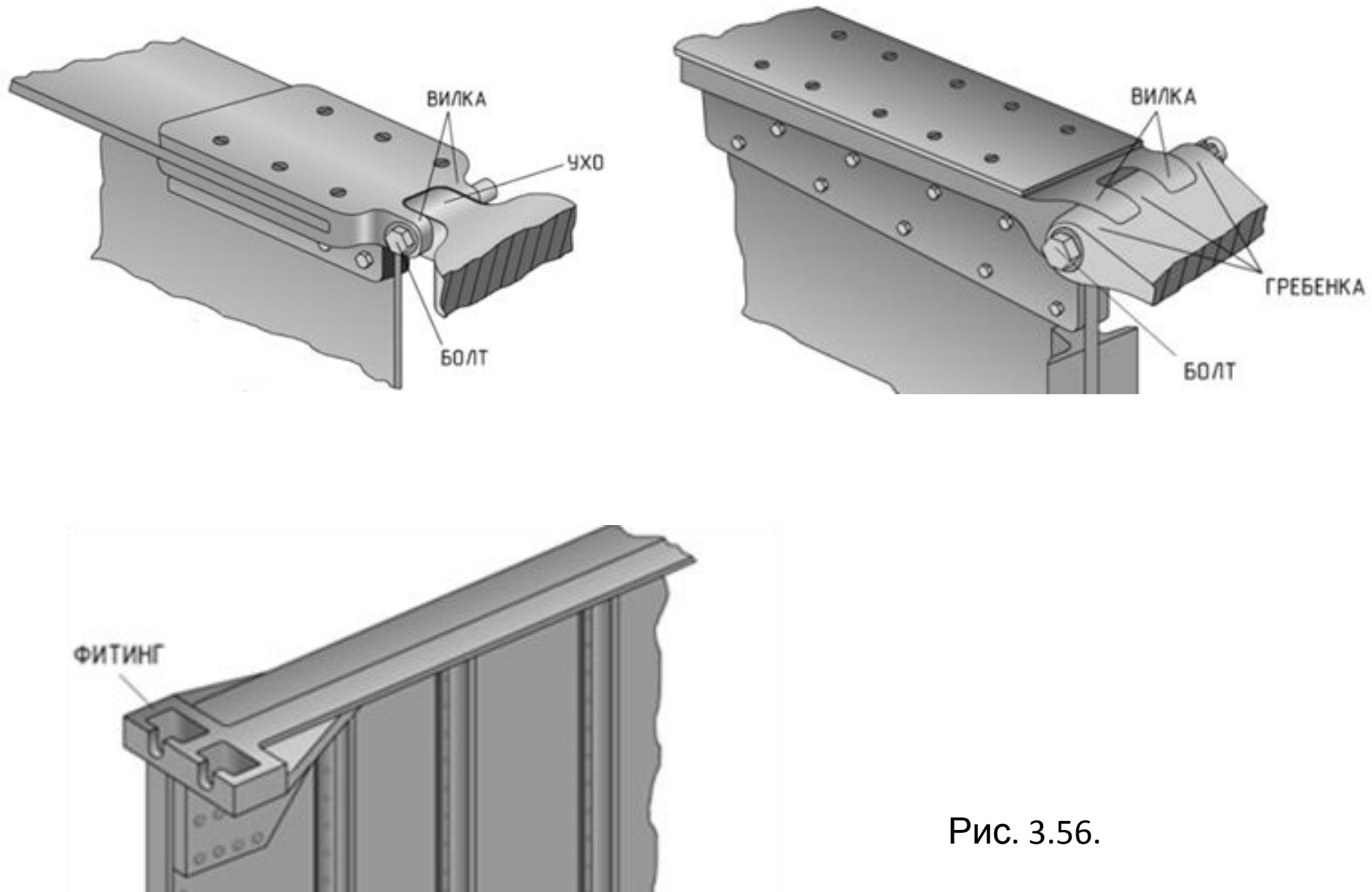
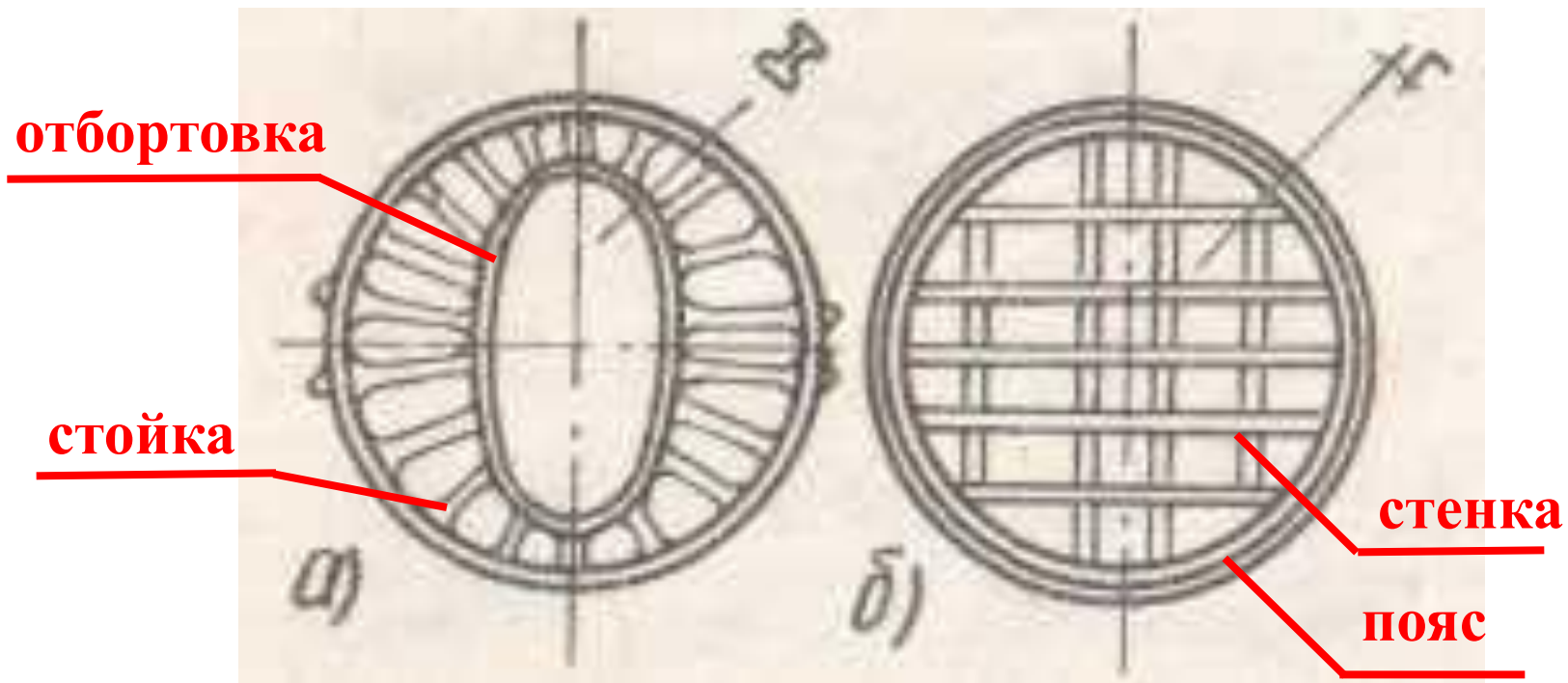


Рис. 3.56.

<p style="text-align: center;">Шпангоуты</p>	<p>Тип силового элемента</p>
<p>Ферменные Ферменно-балочные</p> <p style="margin-left: 100px;">Балочные</p>	<p>Тип конструктивно-силовые схемы</p>
<p>Нормальные Усиленные</p>	<p>Вид силового элемента</p>
<p>Рамные Стеночные глухие</p>	<p>Строение силового элемента</p>
<p>Размещение внутри фюзеляжа грузов, пассажиров</p> <p>Восприятие сосредоточенных нагрузок</p> <p>Разделение отсеков с различными средами и давлением</p>	<p>Предназначение</p>



**Рис. 3.54. Конструкции усиленных шпангоутов:
а - рамный; б – стеночный**

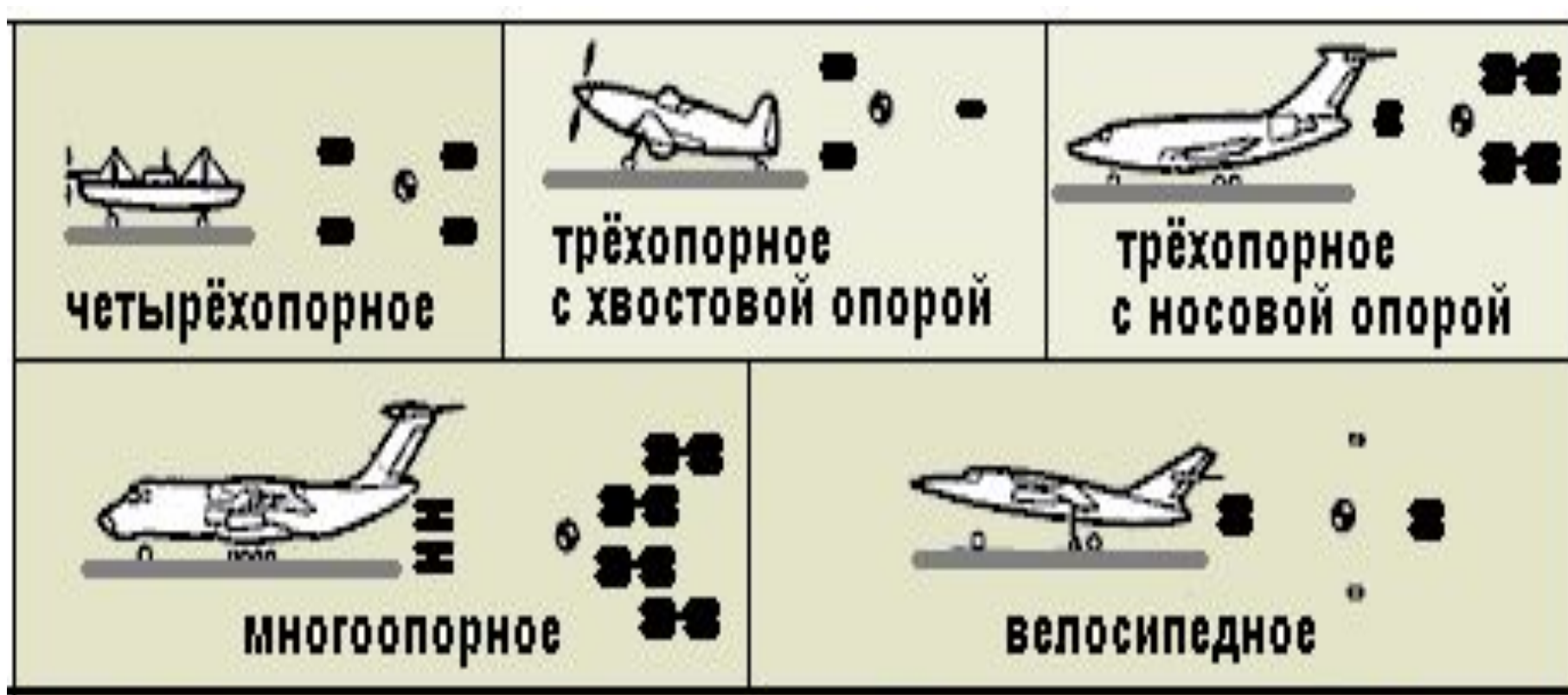


Рис. 3.2.



Рис. 5.24.

ПЕРЕДНЯЯ СТОЙКА ШАССИ

Ил-62м

**Гидроцилиндр
уборки-выпуска
стойки**

Боковой раскос

Стойка-амортизатор

**Серьга замка для
убранного положения**

**Гидроцилиндры
управления поворотом
колёс**

Клык

Рычаг

Колесо

Траверса

Подкос

Цапфа

Боковой раскос

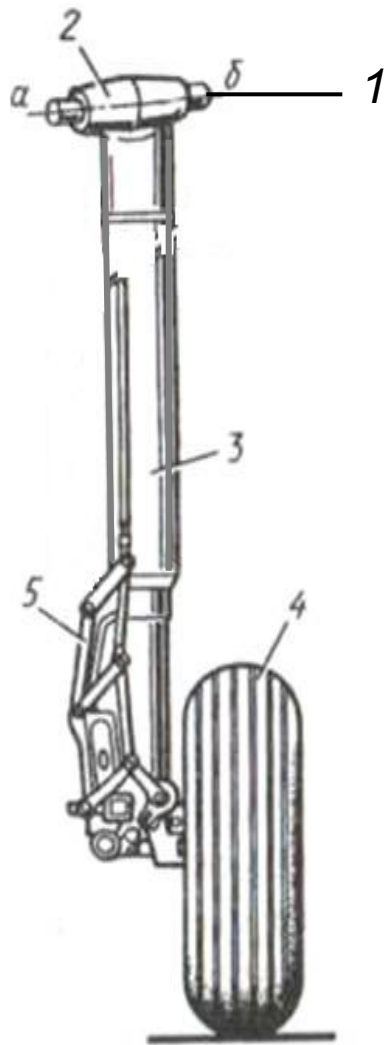
**Поворотный
стакан**

Шток амортизатора

Серьга штока

Ось колес

Рис. 5.27.



1. цапфа;
2. траверса;
3. амортизационная стойка;
4. авиаколесо;
5. шлиц-шарнир.

Рис. 5.21. Стойка балочной конструктивно-силовой схемы

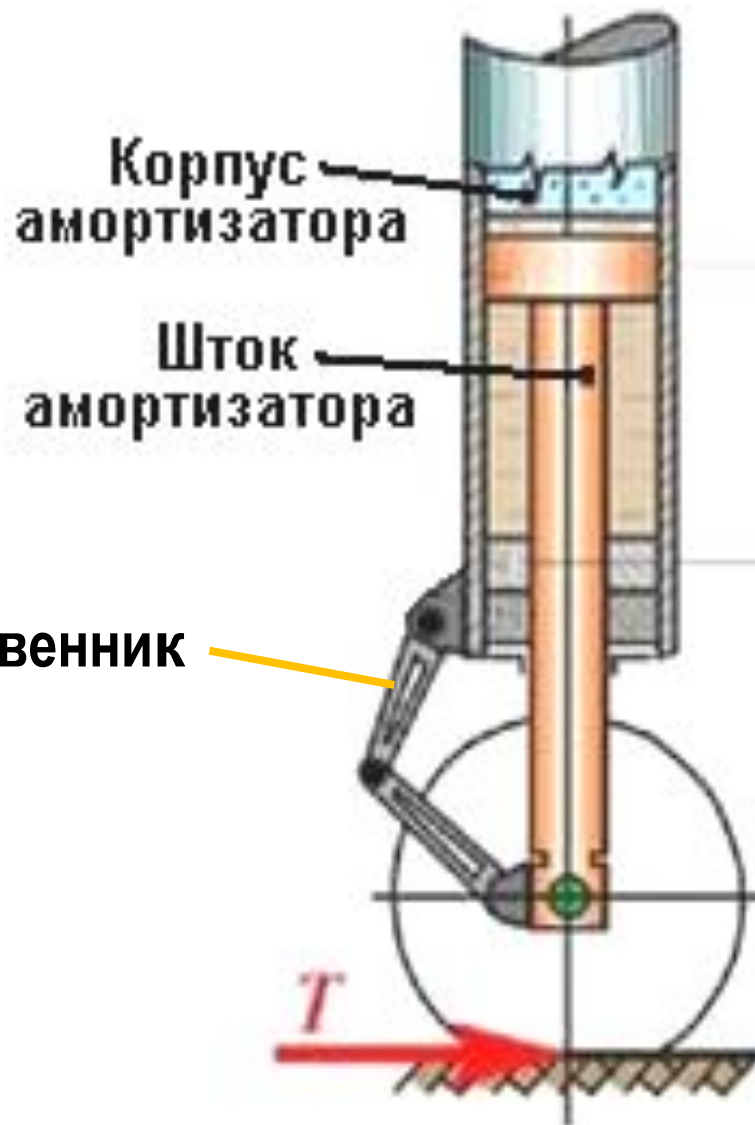


Рис. 5.54. Телескопическая стойка

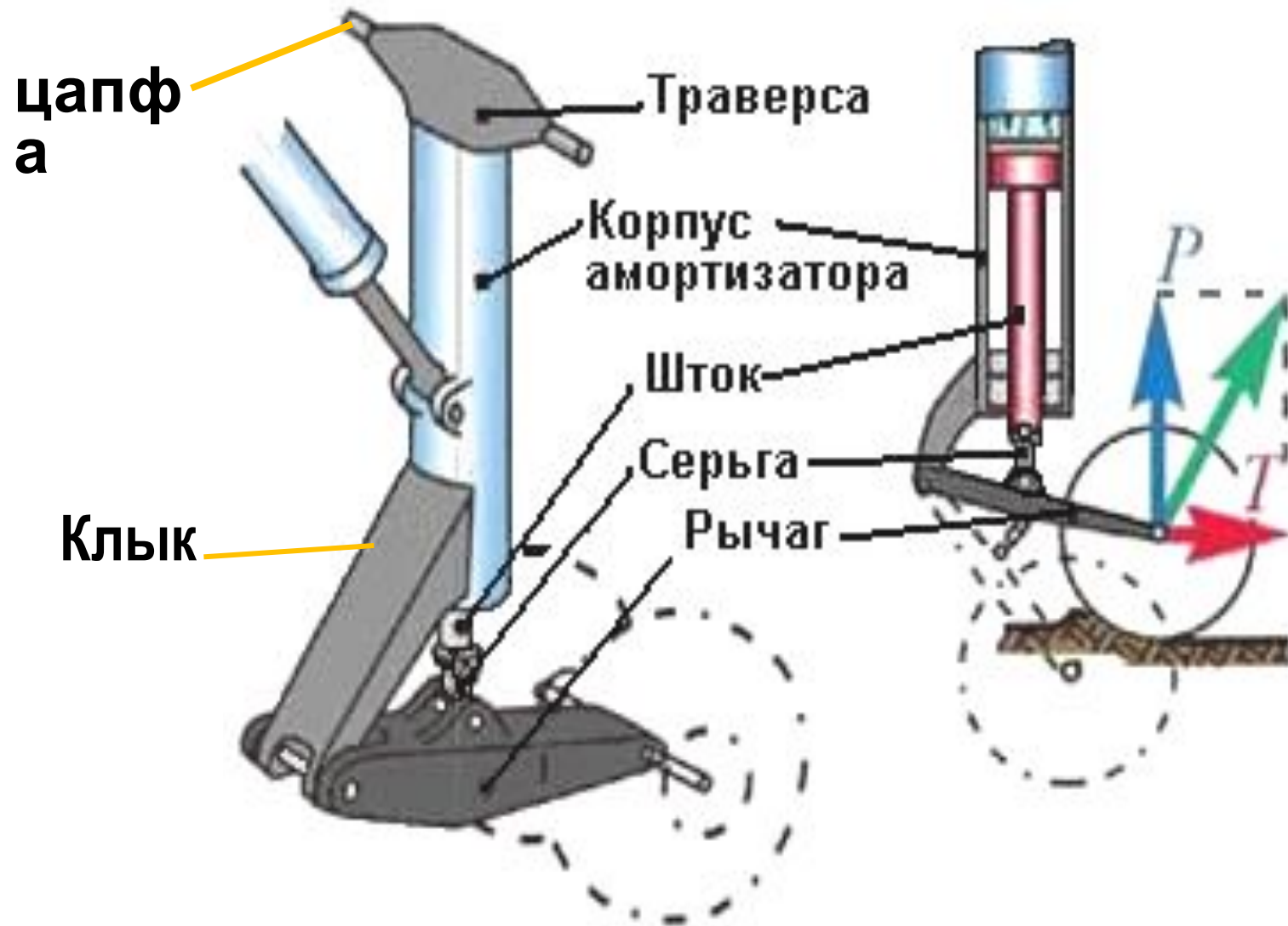


Рис. 5.55. Рычажная стойка

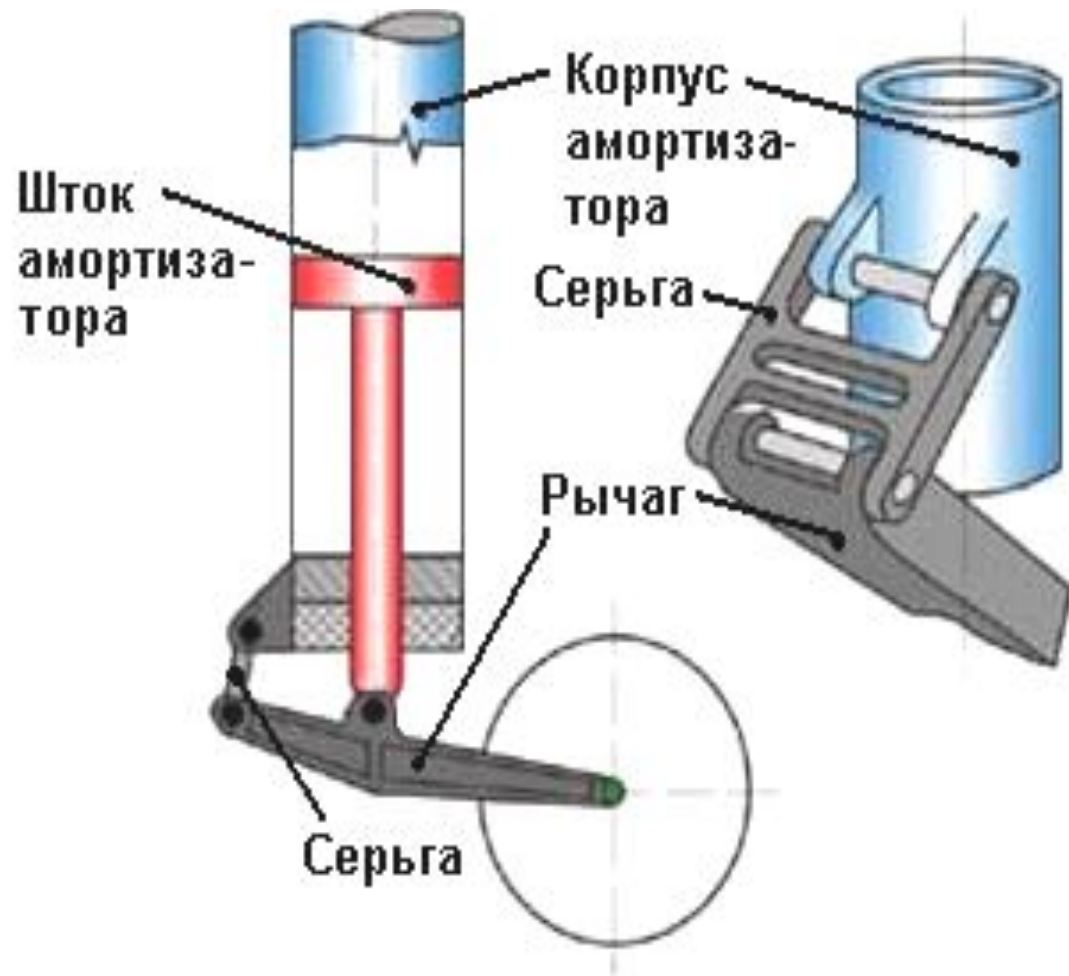


Рис. 5.56. Полурычажная стойка

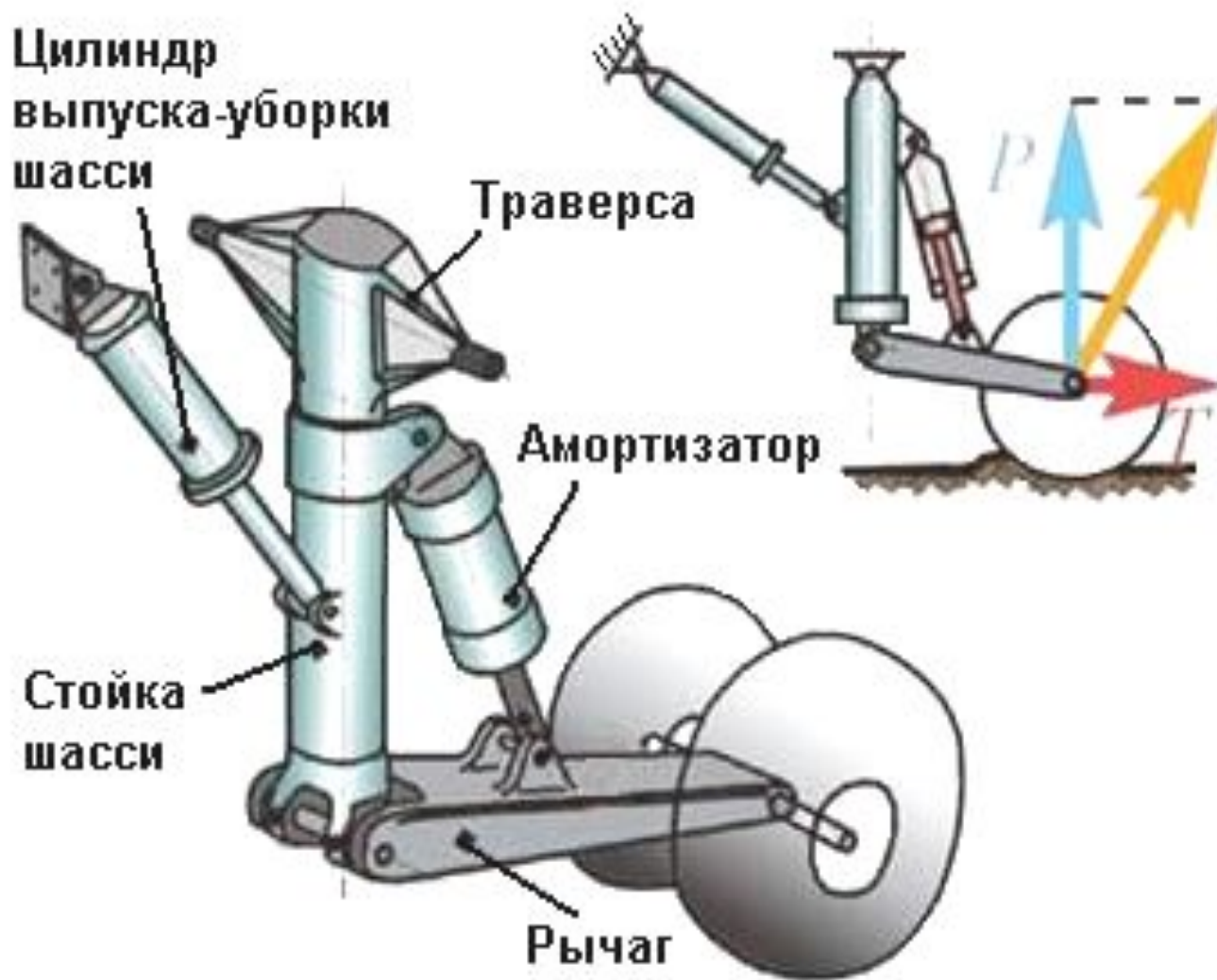


Рис. 5.58. Стойка с вынесенным амортизатором

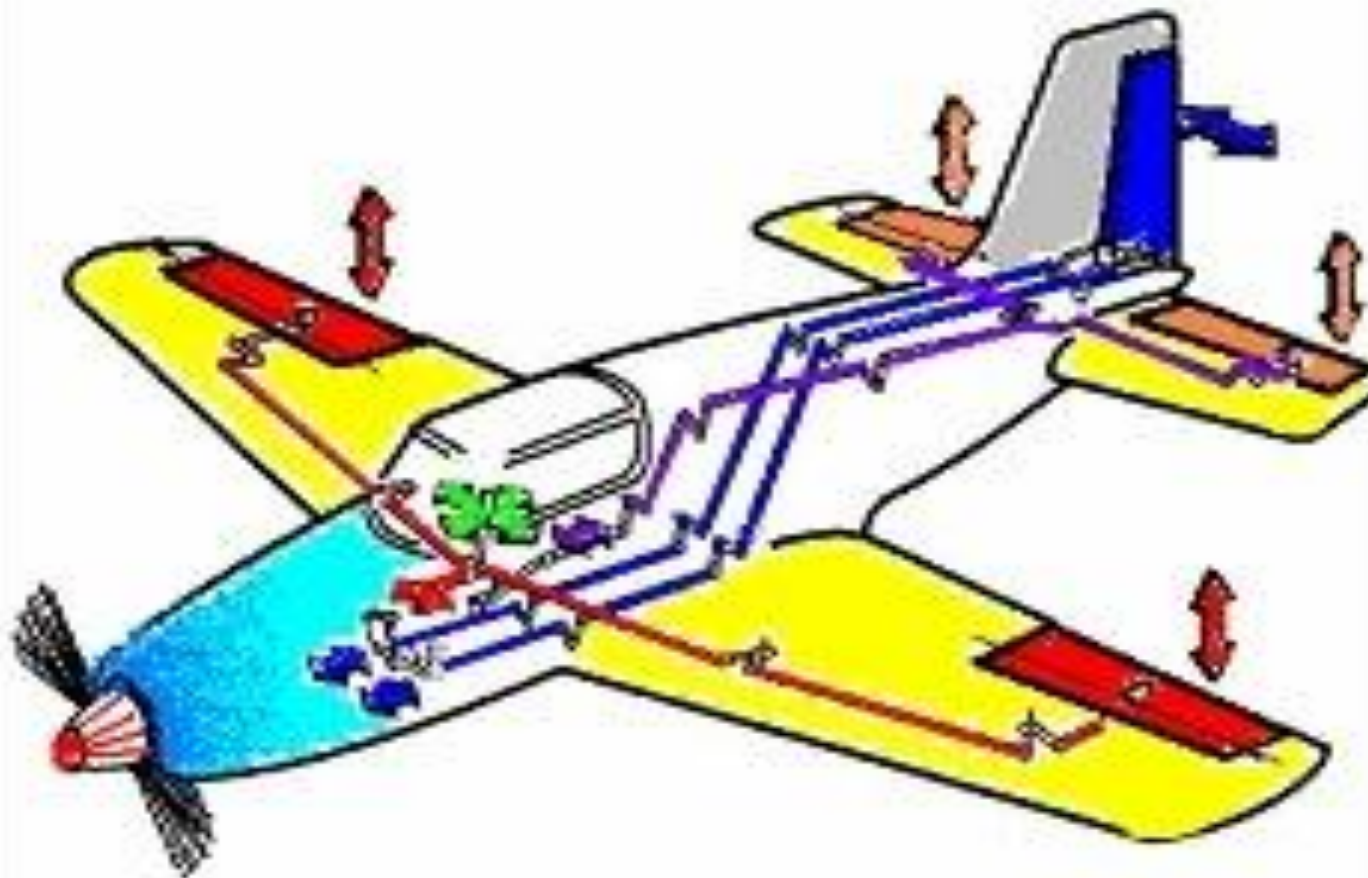


Рис. 6.3.

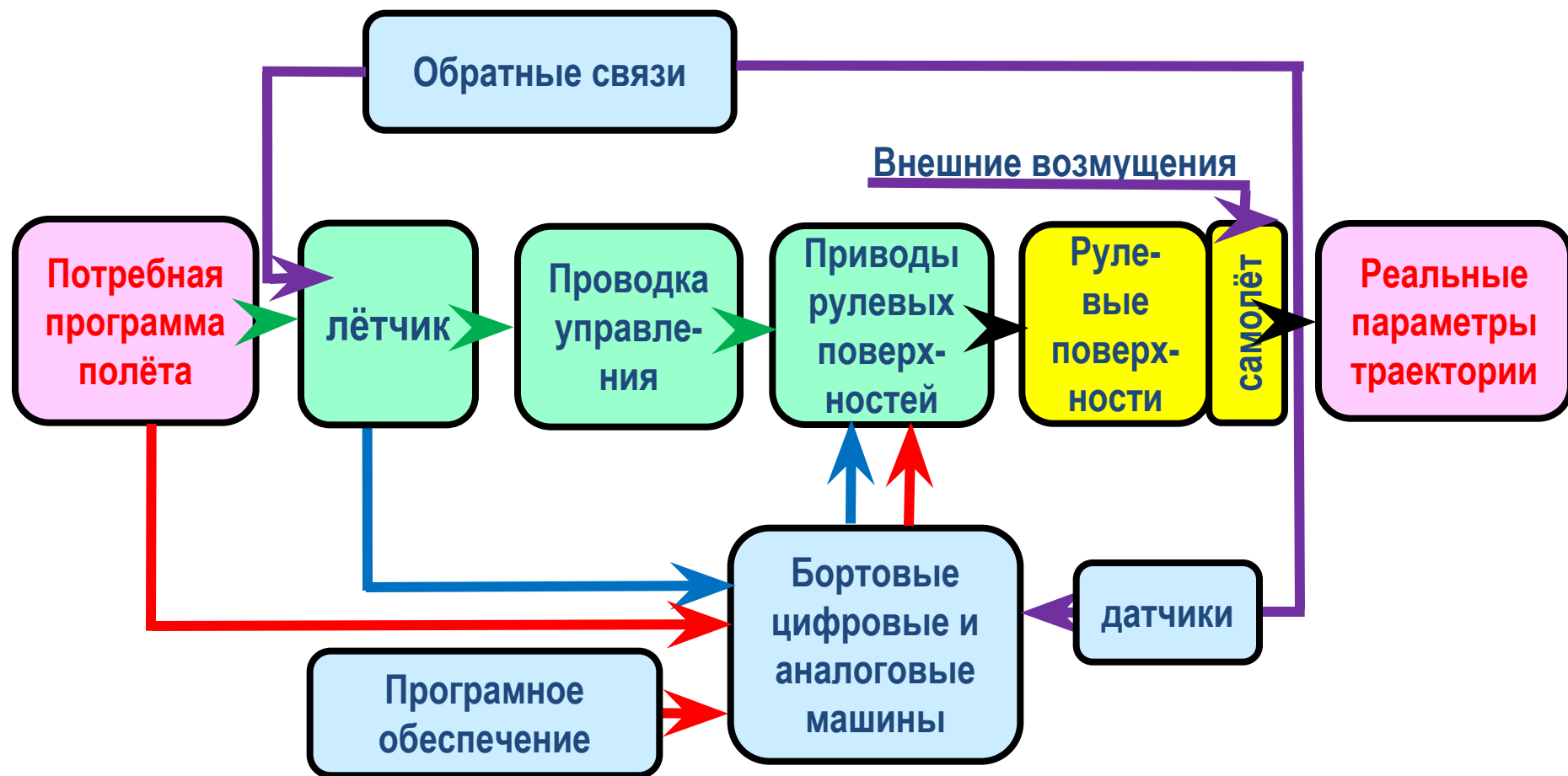


Рис. 6.7.

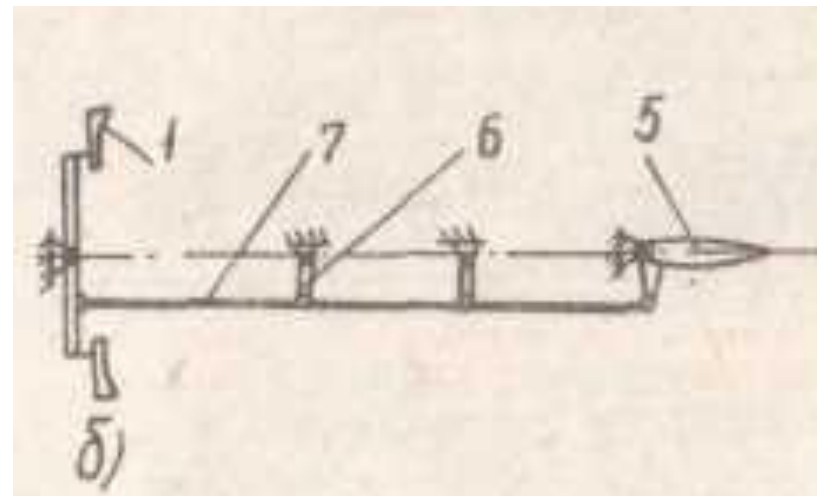
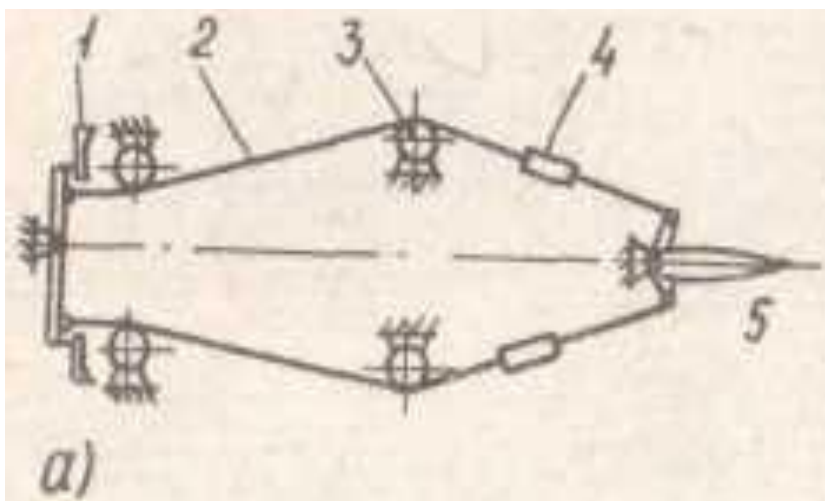


Рис. 6.8. Виды механической проводки управления:
а – гибкая; б – жёсткая : 1 – педали; 2 – трос; 3 – ролик; 4 – тандер; 5 – руль (рулевая поверхность); 6 – качалка; 7 – тяга.

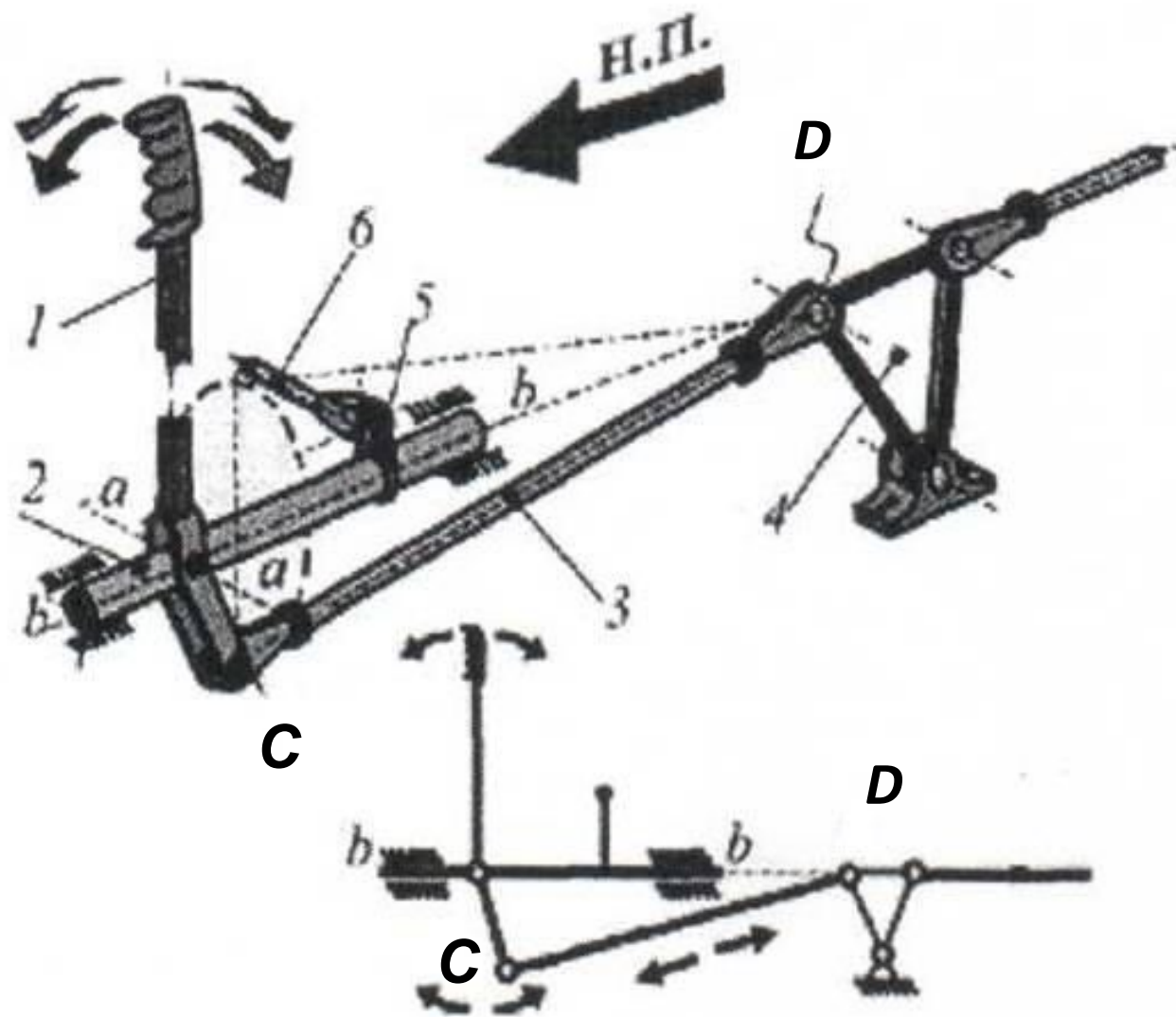


Рис. 6.9.

Турбовинтовой двигатель (ТВД)

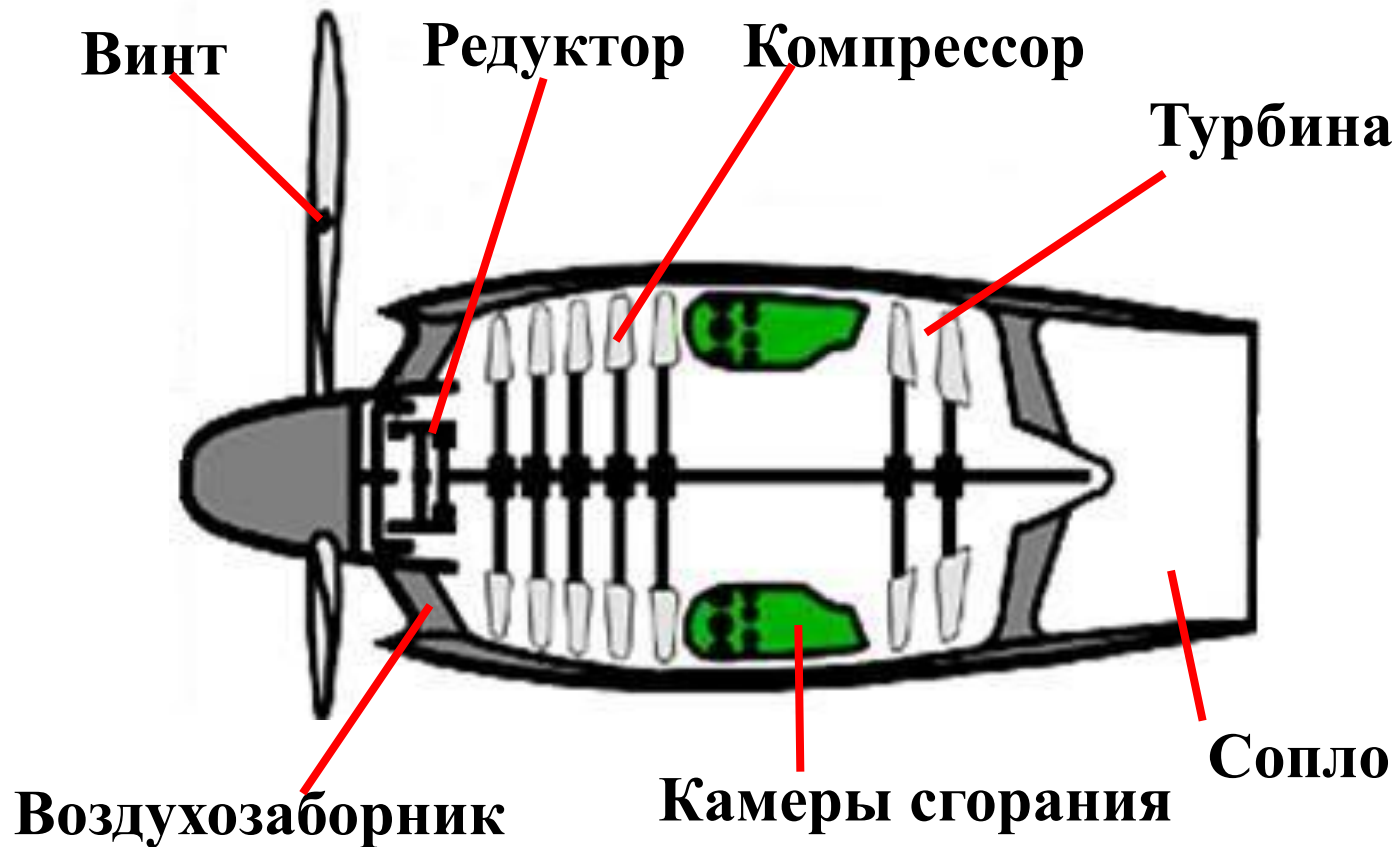


Рис. 7.2.

Турбореактивный двигатель (ТРД)

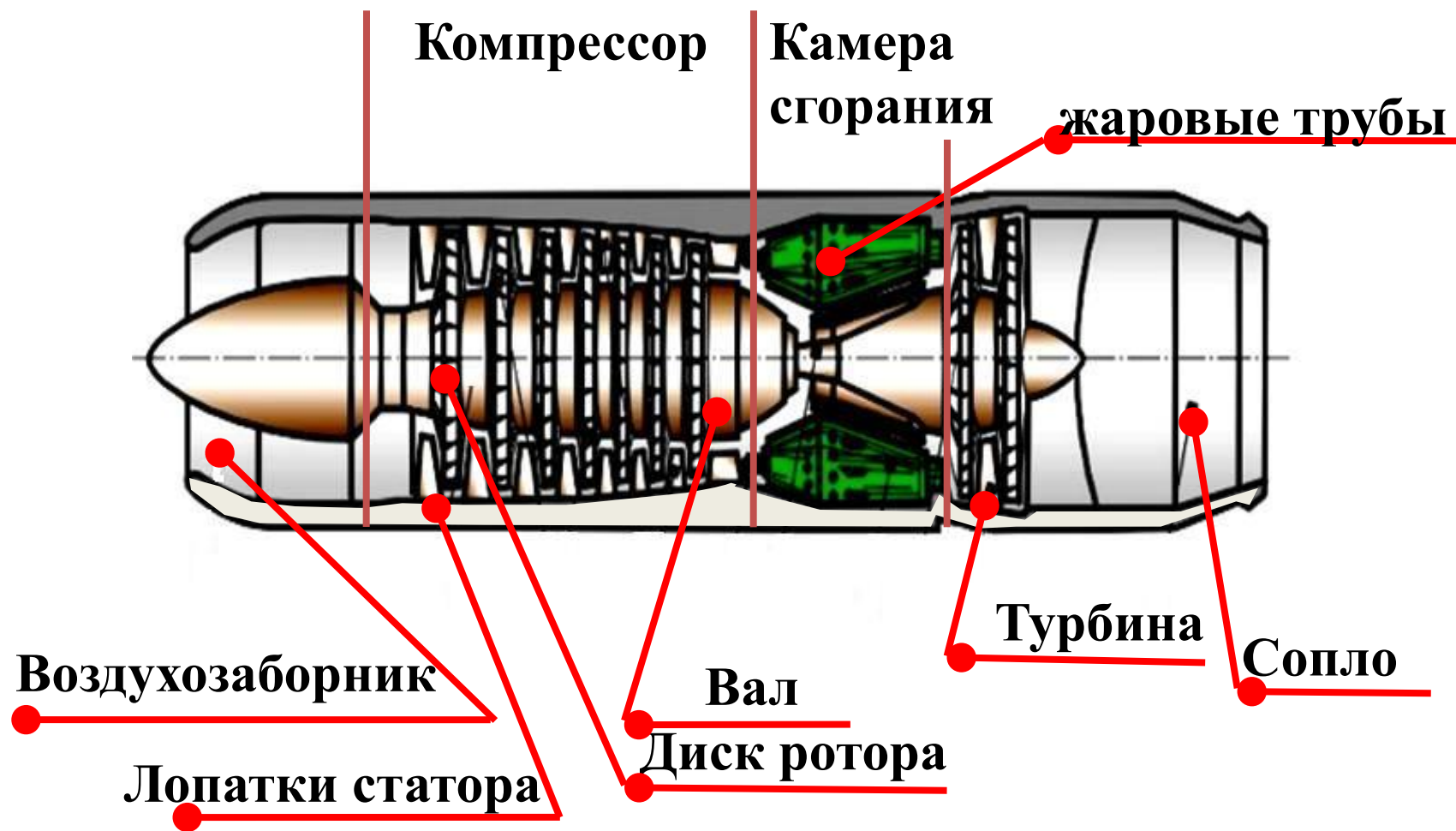


Рис. 7.3.

Турбореактивный двигатель с форсажем (ТРДФ)

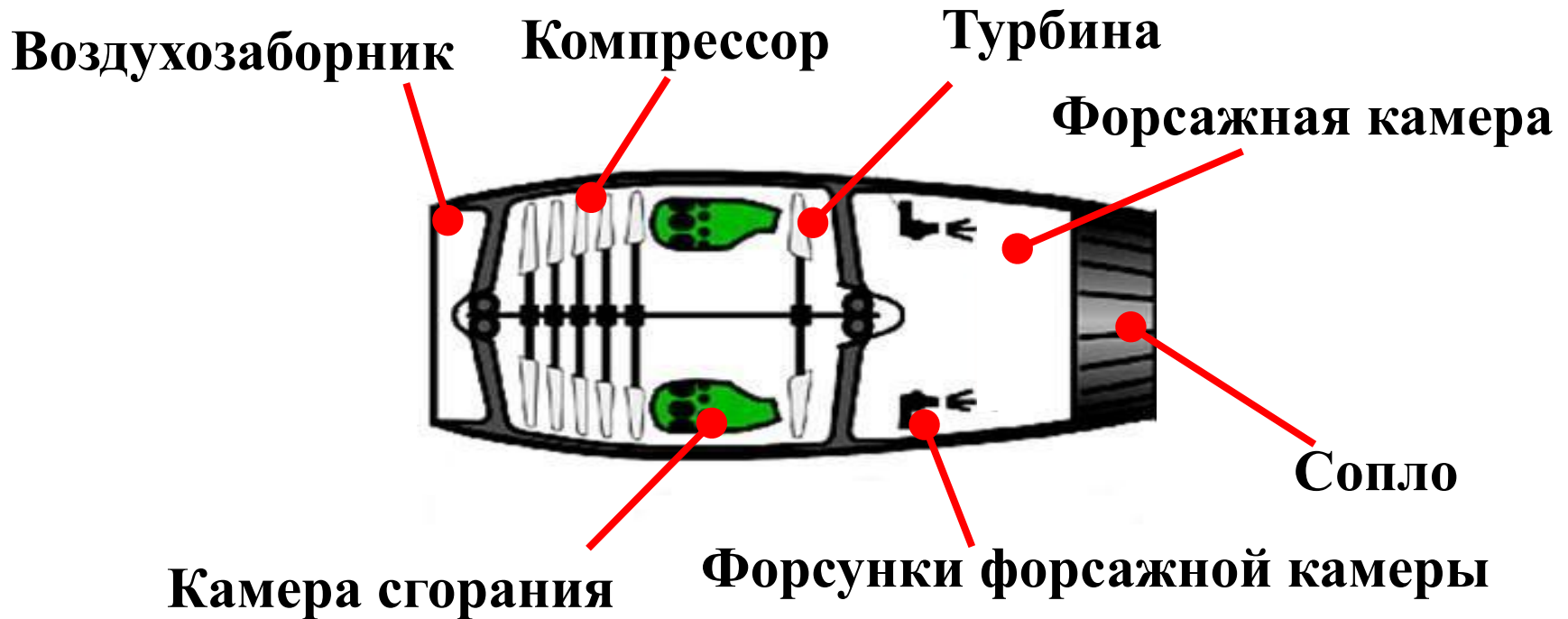


Рис. 7.4.

Турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД)

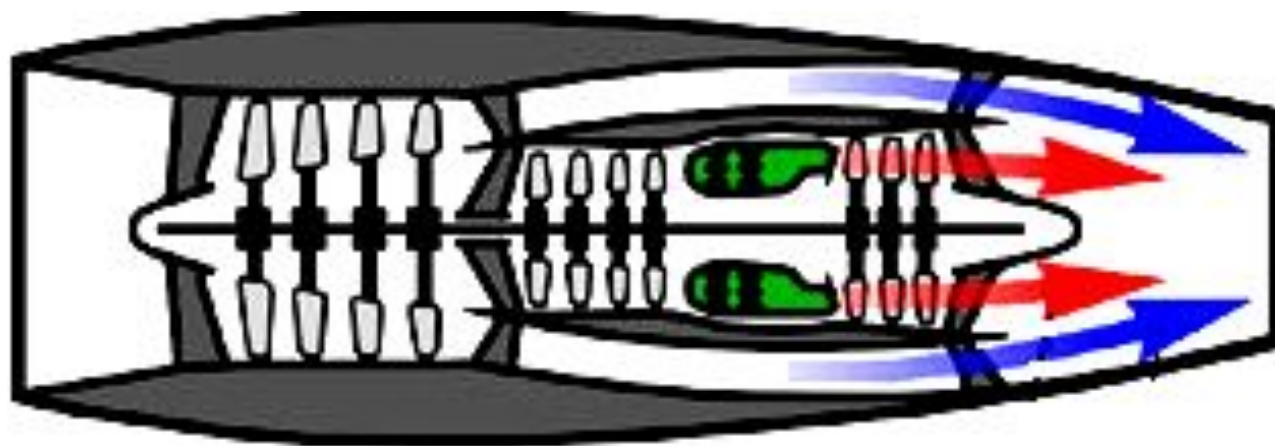


Рис. 7.5.

Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) с открытым винтовентилятором

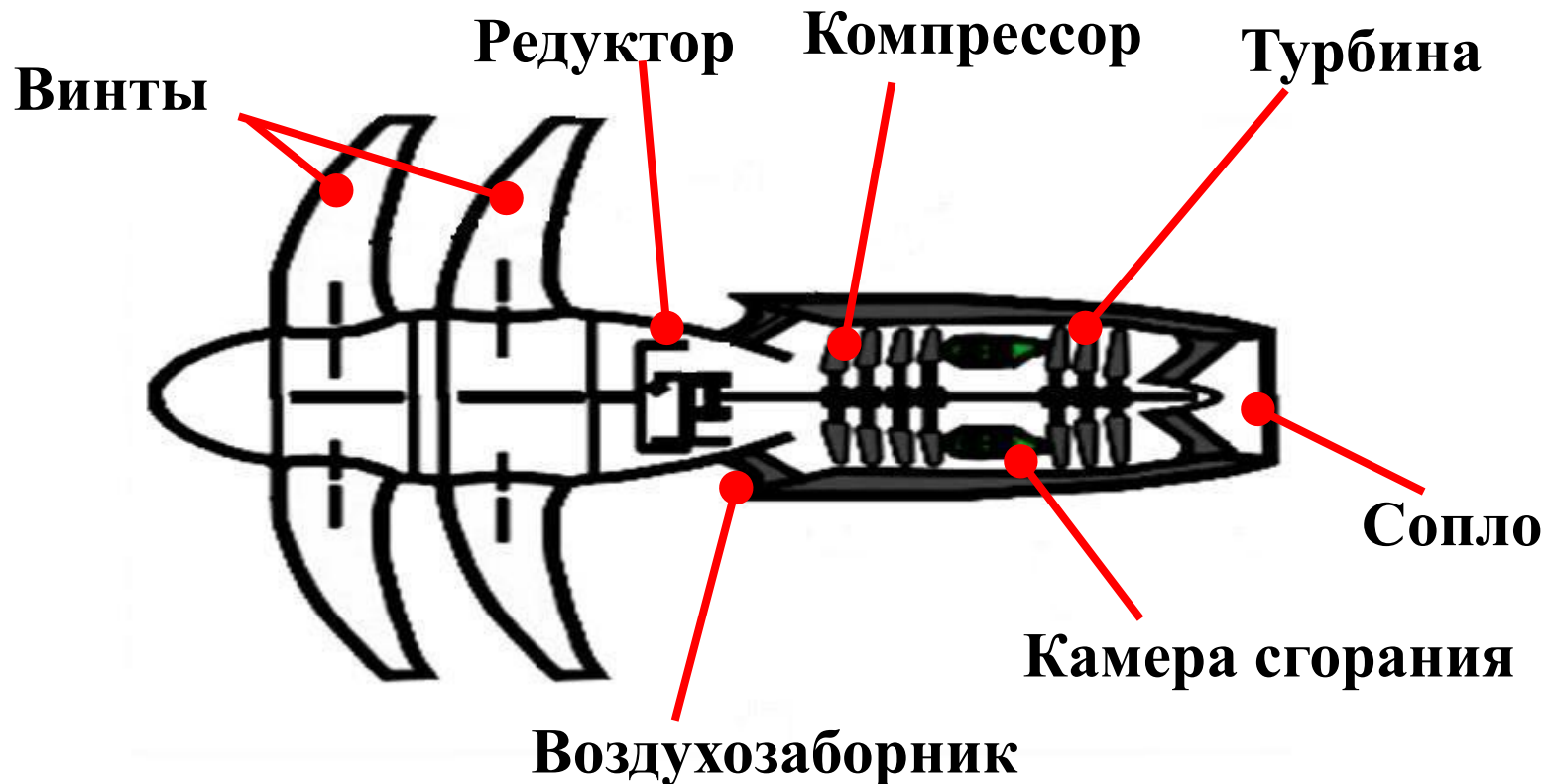


Рис. 7.6.

Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) с закрытым винтовентилятором

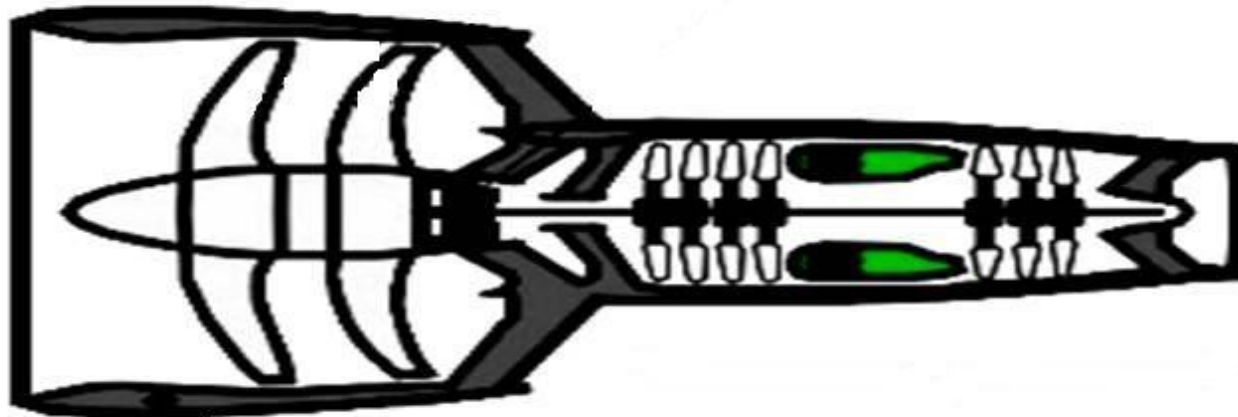


Рис. 7.7.

Воздухозаборники

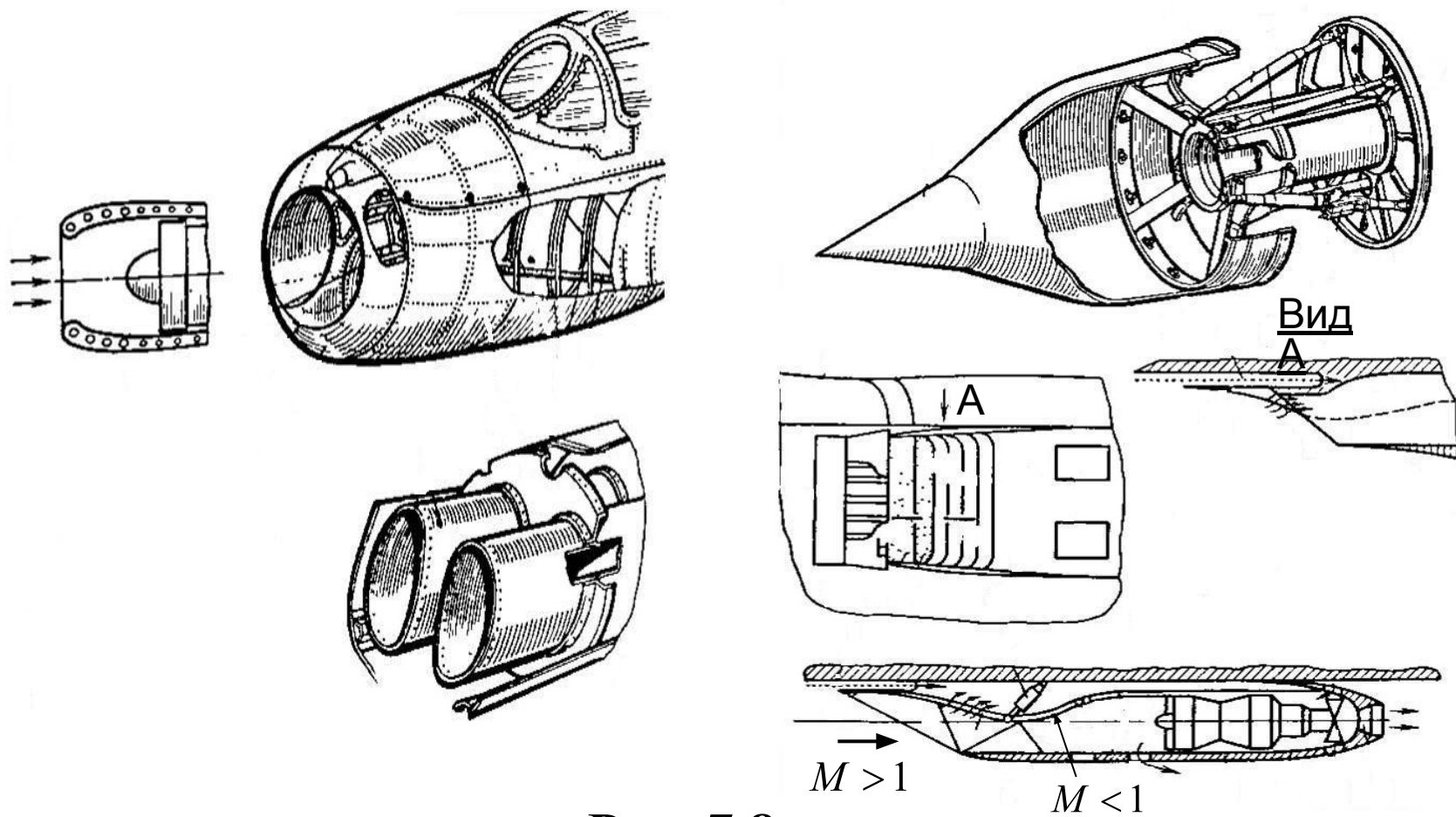


Рис. 7.8.

Реверс тяги

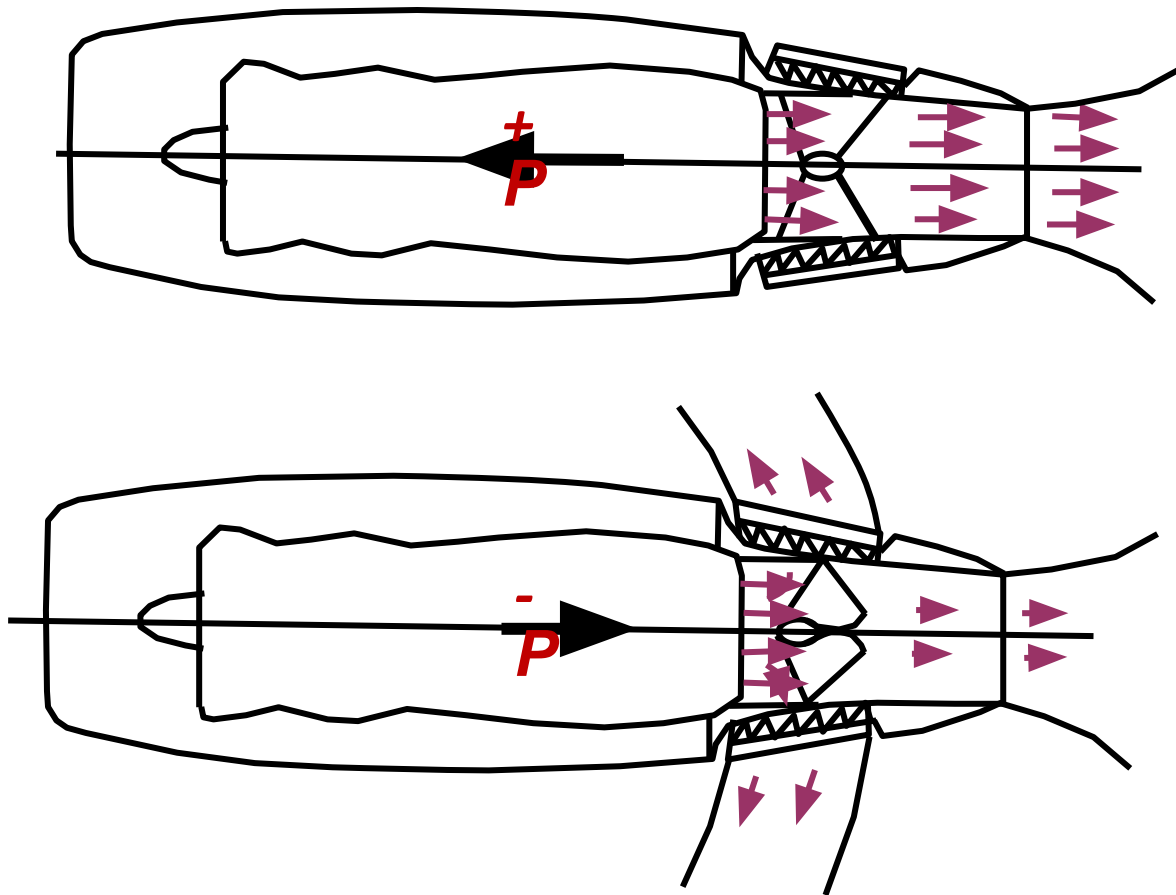


Рис. 7.9.

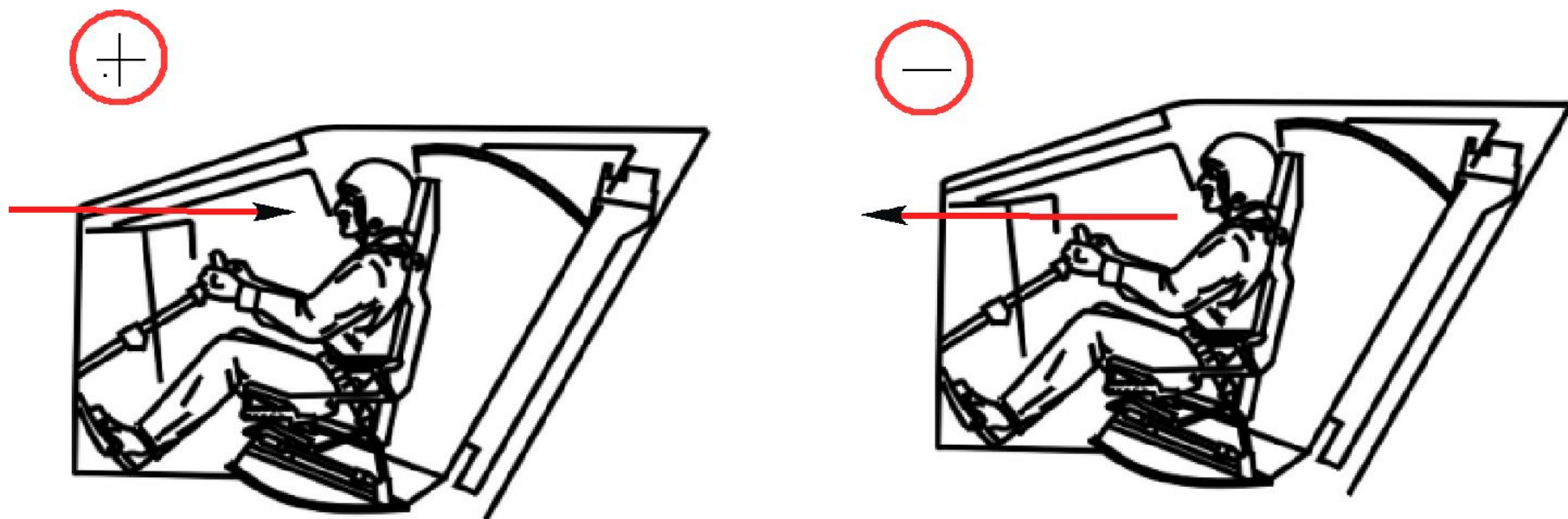


Рис. 6.1.

”+” - соответствует ускорению движения, в этом случае инерционная нагрузка производит эффективное действие на тело в направлении против движения (сидящий в кресле прижимается к спинке) ;

”-” - замедление движения (сидящий в кресле двигается вперед относительно кресла).

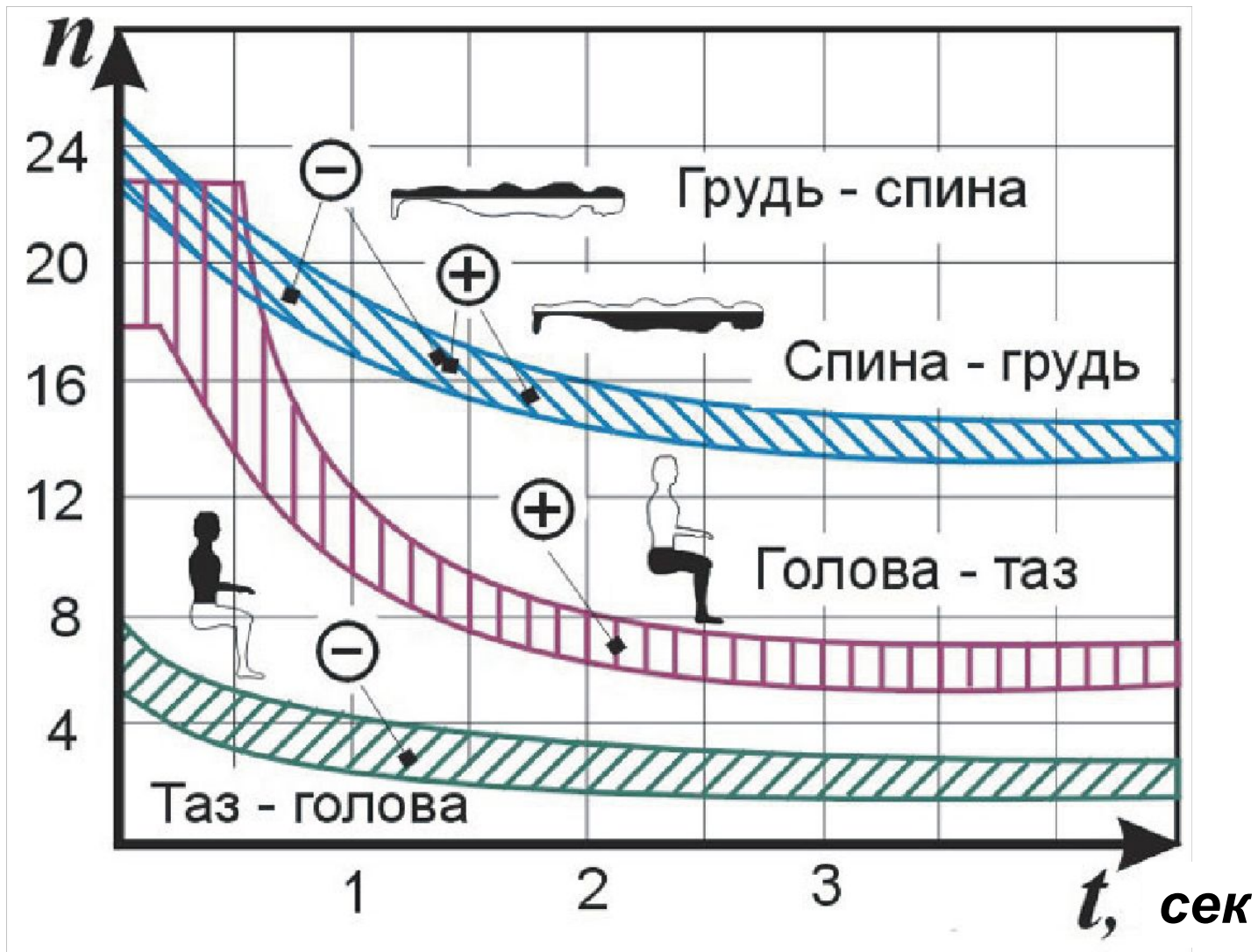


Рис. 6.2.

ст.пр.каф 101 Ларионова Е.В.
ст.пр.каф 101 Ларионова Е.В.

Прочность и жесткость конструкции самолета

