

# Тема 21 Элементы рационального проектирования простейших систем. Расчет безмоментных оболочек вращения

- Учебные цели занятия

В результате проведенного лекционного занятия курсант должен:

**знать:**

- основные понятия, современные теории, законы,

**уметь:**

- использовать основные понятия, законы для решения задач сопротивления материалов.

## Воспитательные цели

На занятии необходимо формировать и развивать у курсантов:

- любовь к Отечеству, гордость и ответственность за принадлежность к Вооруженным Силам Российской Федерации и их офицерскому корпусу;
- офицерскую честь и достоинство, дисциплинированность;
- общую культуру, стремление к самосовершенствованию.

# Тема 21 Элементы рационального проектирования простейших систем. Расчет безмоментных оболочек вращения

## 21.1 Рациональные формы сечений балок

*Показатели, необходимые при правильном построении авиационной техники:*

*Аэродинамическое требование.* Обеспечение высоких летно-технических и пилотажных показателей, которые помимо всего прочего должны быть в первую очередь приемлемыми для летчика.

*Характеристики прочности и жесткости.* Каждой детали в конструкции авиационной техники необходимо выдержать различные нагрузки в соответствии с «Нормами летной годности».

*Характеристики живучести.* Под живучестью конструкции авиационной техники понимается ее способность выполнять свои функции при частичных разрушениях, не прерывая полета.

*Эксплуатационное требование.* Здесь самым главным является надежность - это умение авиационной техники реализовывать свои функции с сохранением летных и эксплуатационных показателей в заданных пределах в течение необходимого промежутка времени. Конструкция авиационной техники должна также обеспечивать нормальный доступ ко всем его частям, подлежащим периодическому обслуживанию и осмотру. Кроме того, она должна позволять производить быструю загрузку и разгрузку, а также замену основных агрегатов и узлов в процессе эксплуатации с минимальными трудозатратами.

*Технологичность конструкции.* Конструкция частей авиационной техники должна гарантировать допустимость использования новейших технологических процессов.

**Рациональные формы поперечных сечений при растяжении сжатии:** Для стержней, работающих на растяжение-сжатие (например, фюзеляж ферменной схемы, тяги проводки управления, подкосы крыла и шасси), определяющим является напряжение потери устойчивости, которая может быть общей и местной.

Размеры сечения стержня выбирают из условия  $\sigma_{кр} = \sigma_{кр.м}$

**Рациональные формы поперечных сечений при изгибе:**

Нормальные напряжения в произвольной точке поперечного сечения балки при прямом изгибе определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{I_x} y$$

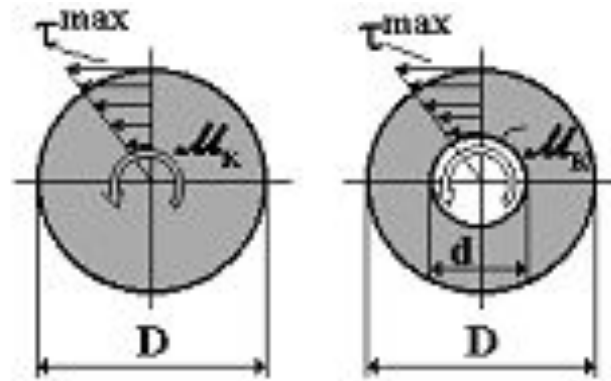
Наибольшие растягивающие и сжимающие нормальные напряжения в данном поперечном сечении возникают в точках наиболее удаленных от нейтральной оси.

Кроме условия прочности балка должна удовлетворять и условию экономичности.

Наиболее экономичными являются такие формы поперечных сечений, для которых с наименьшей затратой материала (или при наименьшей площади поперечного сечения) получается наибольшая величина момента сопротивления.

Чтобы форма сечения была рациональной, необходимо, по возможности распределять сечение подальше от главной центральной оси.

## *Рациональные формы сечений балки при кручении:*



**Из распределения касательных напряжений в сечении ясно, что материал внутренней части вала загружен в меньшей степени чем периферийный.**

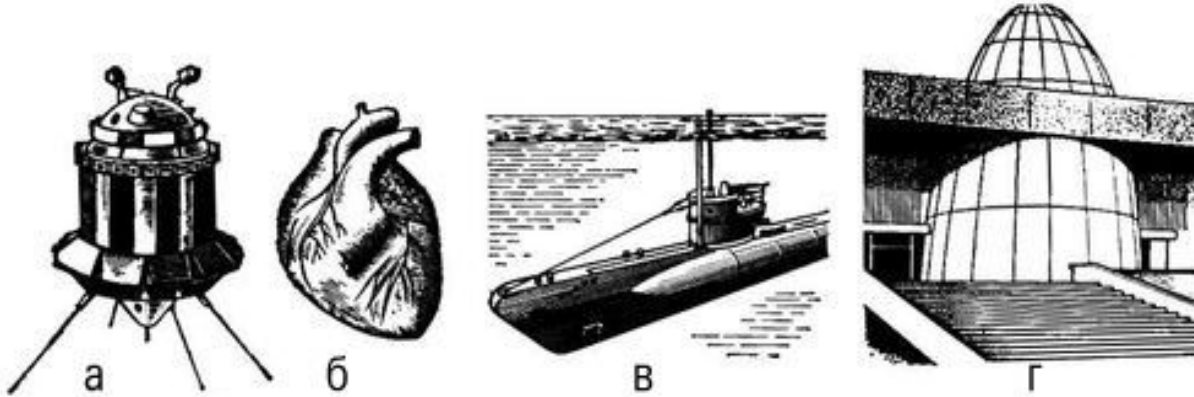
**Наиболее предпочтительным с точки зрения использования материала является его равномерное нагружение напряжениями, что в наибольшей степени реализуется для кольцевого сечения.**

**Поэтому на практике более рациональным является применение полых валов, что обеспечивает малую их материалоемкость. В авиации это наиболее актуально, т.к. пустотелый вал имеет меньшую массу.**

## 21.2 Расчет безмоментных оболочек вращения

### *Общие сведения об оболочках*

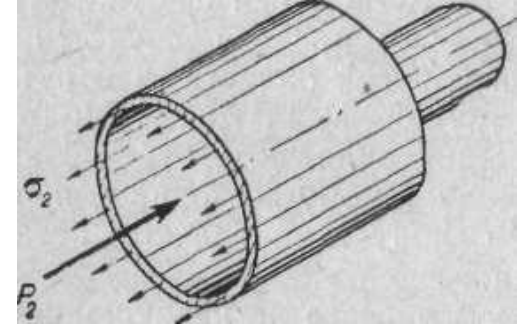
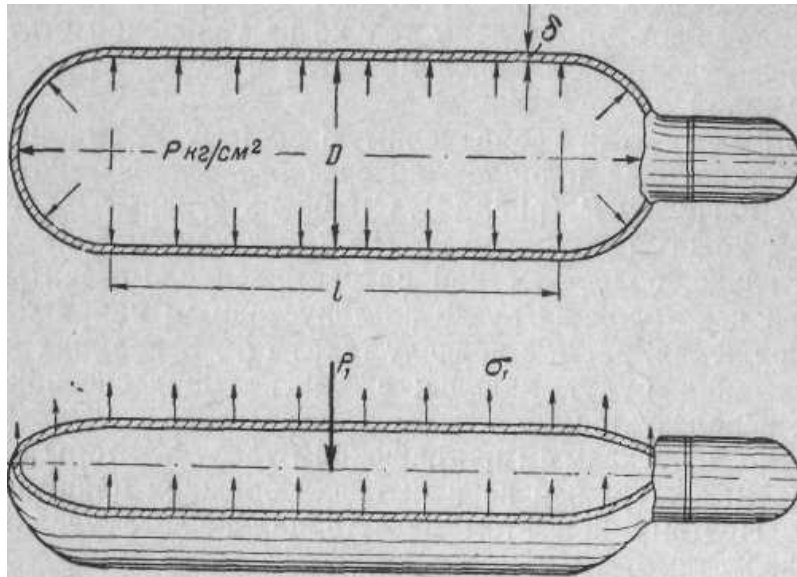
**Оболочкой** называется тело, ограниченное двумя поверхностями и имеющее один размер (толщину) намного меньше двух других размеров.



К тонкостенным оболочкам можно отнести воздушные, кислородные, противопожарные и другие баллоны, гидроаккумуляторы, цилиндры воздушной и гидравлической систем, цилиндры поршневого двигателя и др.

Так как все эти агрегаты и детали испытывают значительное давление газов или жидкости, то их стенки необходимо рассчитывать на прочность.

Разрыв стенок, по-видимому, может произойти или вдоль образующих цилиндра или поперек.



Определим напряжение в поперечном сечении баллона, вызванное давлением на его днище.

$$P_2 = \frac{\pi D^2}{4} p$$

Площадь кольцевого сечения стенки баллона равна

$$F_2 = \pi D \delta ,$$

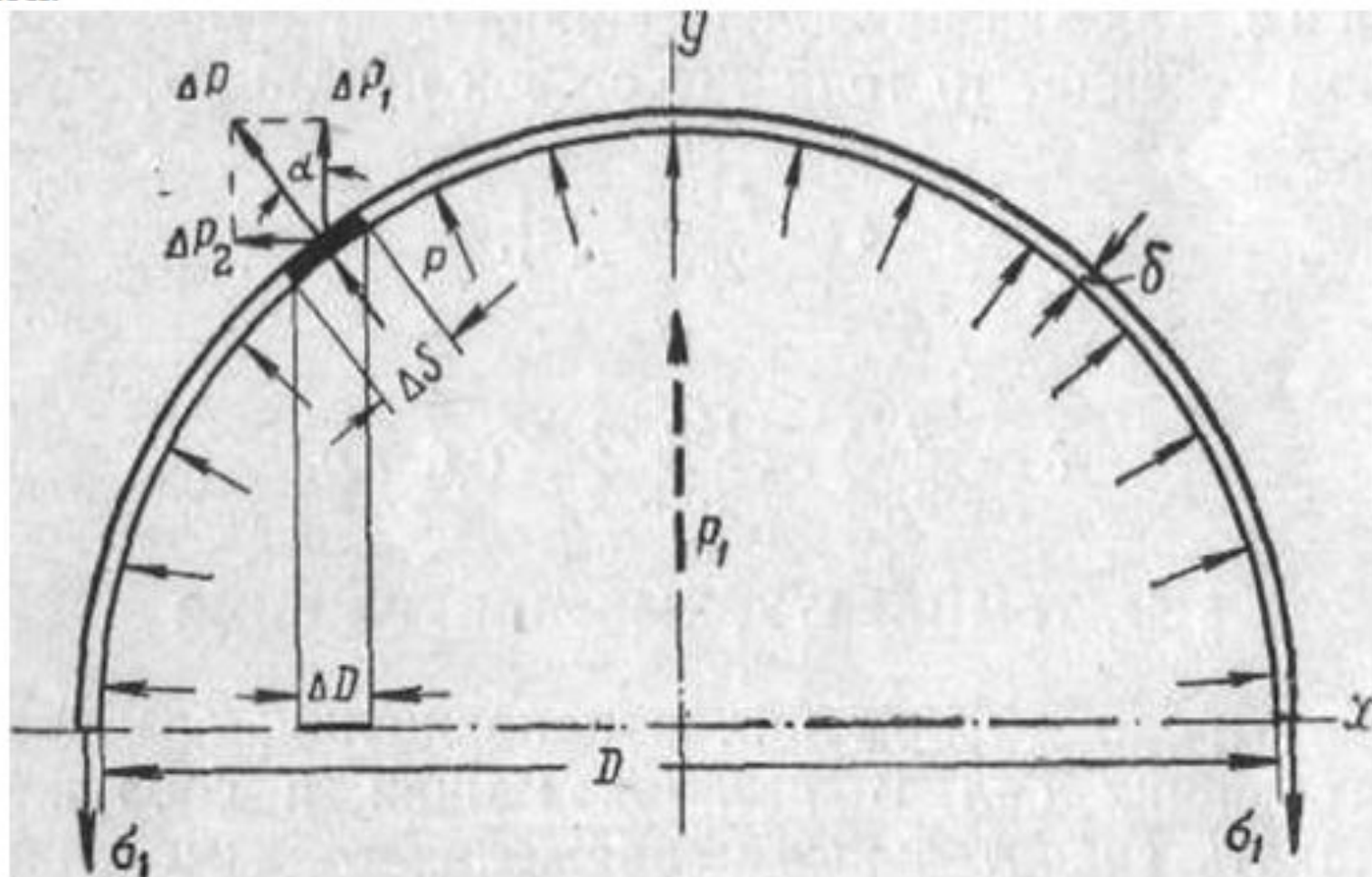
$\pi D$  - длина развертки кольца;  $\delta$  - ширина развертки (толщина стенки).

Разрывающая нагрузка  $P_2$  уравновешивается внутренними силами упругости,

поэтому 
$$\sigma_2 = \frac{P_2}{F_2} = \frac{\frac{\pi D^2}{4} p}{\pi D \delta} \quad \text{или} \quad \sigma_2 = \frac{pD}{4\delta}$$



Для определения напряжения в продольном сечении баллона рассечем мысленно цилиндр горизонтальной плоскостью вдоль образующей и рассмотрим равновесие одной половины, заменяя действие отброшенной половины цилиндра соответствующими силами упругости. Выделим из криволинейной поверхности элементарную полоску площадью  $\Delta S \cdot l$ , которую можно считать плоской.



На выделенную полоску будет действовать сила  $\Delta P = p \cdot \Delta s \cdot l$ , направленная перпендикулярно к рассматриваемому элементу и составляющая переменный угол  $\alpha$  с вертикальной осью  $y$ . Проекция этой силы на ось  $y$  будет:

$\Delta P_1 = \Delta P \cos \alpha = p \cdot \Delta s \cdot l \cos \alpha$ . Сумма же проекций сил по всей поверхности полуцилиндра будет:  $P_1 = \sum p \cdot \Delta s \cdot l \cos \alpha = pl \sum \Delta s \cos \alpha$

Так как  $\Delta s \cos \alpha = \Delta D$ , то можем записать:  $P_1 = plD$ .

Из условия равновесия рассматриваемой части равнодействующая напряжений  $2\sigma_1 \delta \cdot l$  должна равняться силе  $P = plD$ , т. е.

$$2\sigma_1 \delta \cdot l = plD \text{ откуда } \sigma_1 = \frac{pD}{2\delta}$$

Таким образом видно, что  $\sigma_1$  больше  $\sigma_2$  в два раза, поэтому разрыв тонкостенных сосудов происходит по образующей (т.е. вдоль).



# Задание на самостоятельную работу

1. Григорьев Ю.П. Сопротивление материалов и строительная механика авиационных конструкций. Учебник для ВУЗ ВВС. – М.: Воениздат, 1977. - (с. 325-340).