

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:

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

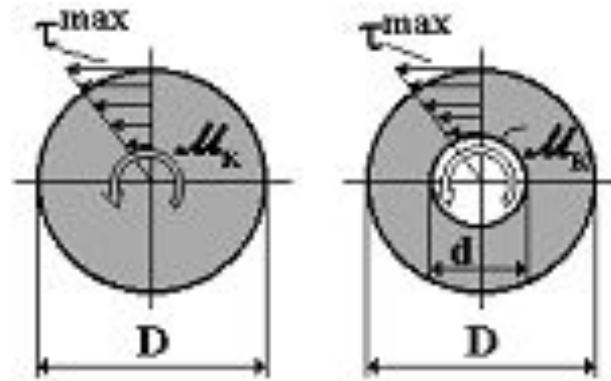
Наибольшие растягивающие и сжимающие нормальные напряжения в данном поперечном сечении возникают в точках наиболее удаленных от нейтральной оси.

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.

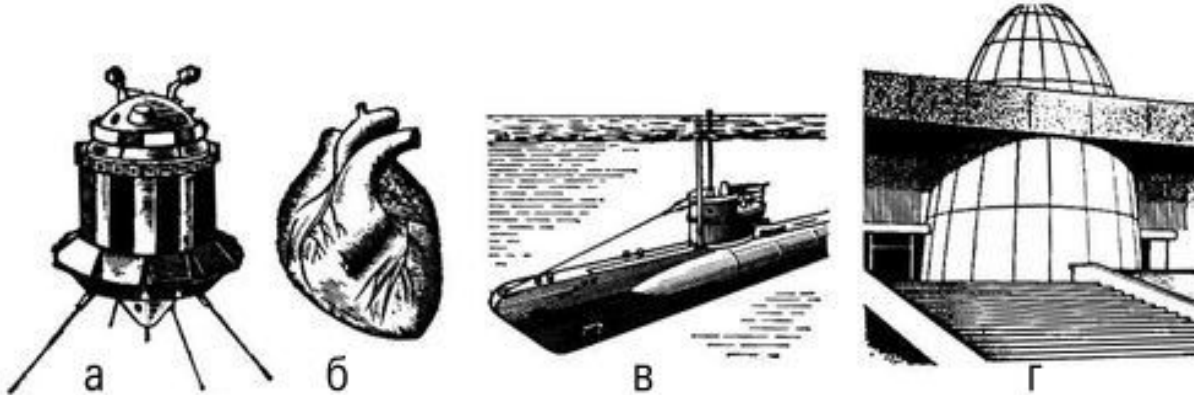
Наиболее предпочтительным с точки зрения использования материала является его равномерное нагружение напряжениями, что в наибольшей степени реализуется для кольцевого сечения.

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

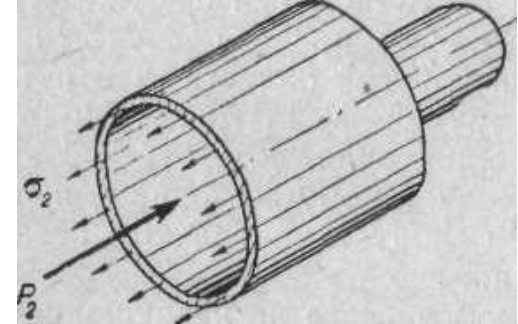
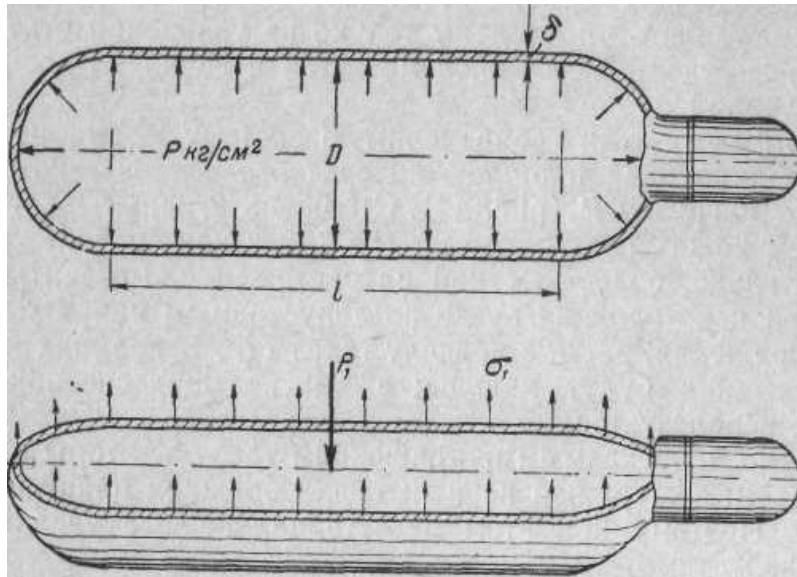
Оболочкой называется тело, ограниченное двумя поверхностями и имеющее один размер (толщину) намного меньше двух других размеров.



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

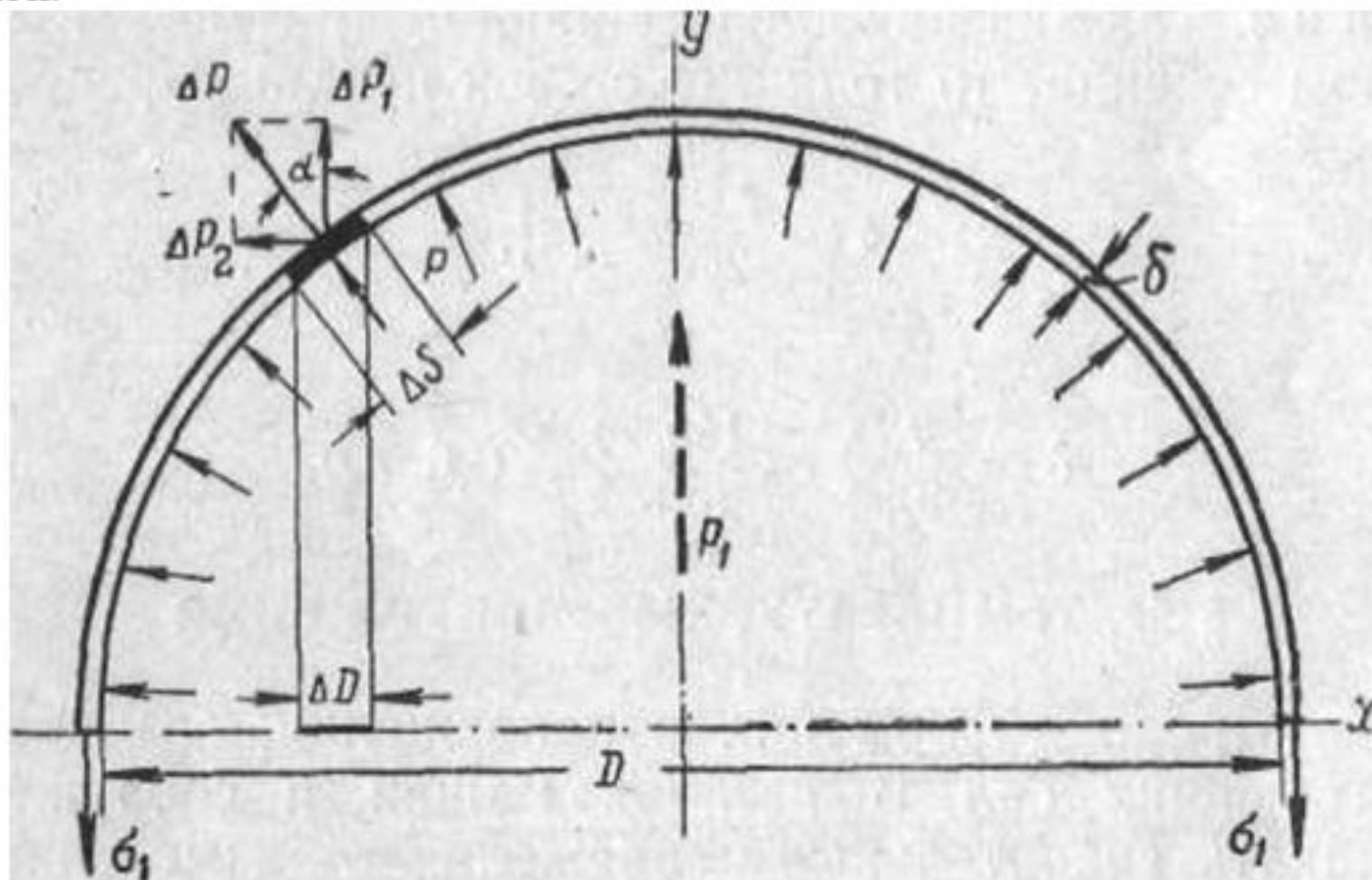
$$F_2 = \pi D \delta ,$$

πD - длина развертки кольца; δ - ширина развертки (толщина стенки).

Разрывающая нагрузка P_2 уравнивается 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 α 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 σ_1 больше σ_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).