



SATBAYEV UNIVERSITY



МСН5022 Механика материалов



**Лектор: к.т.н., доцент Исаметова Мадина
Есдаулетовна**

Лекция №1 Основные понятия механики материала

План лекции

Основные определения.

Реальный объект и расчетная схема.

Схематизация свойств материала и геометрии объекта.

Внешние силы. Метод сечений. Внутренние усилия

Лекция №1 Основные понятия сопромата



SATBAYEV
UNIVERSITY

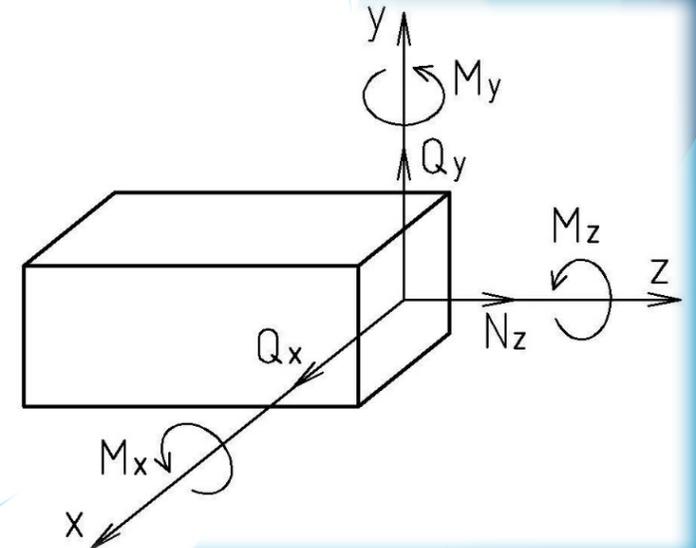
Прикладная наука об инженерных методах расчёта на прочность, жесткость и устойчивость деталей машин и конструкций, называется *сопротивлением материалов*.

Деталь или конструкция называется *прочной*, если под действием внешних сил в ней не возникает значительных пластических деформаций, или она не разрушается (не распадается на две или более частей).

Деталь или конструкция называется *жесткой*, если упругие деформации, возникающие в ней под действием приложенных сил, не оказывают существенного влияния на ее работу.

Конструкция или деталь называется *устойчивой*, если в результате действия на нее заданных нагрузок она сохраняет первоначальную форму упругого равновесия.

Основной задачей сопротивления материалов является разработка методов расчета на прочность, жесткость и устойчивость с целью получения надежных и экономически обоснованных размеров элементов конструкций



Реальный объект и расчетная схема

Реальный объект, освобожденный от несущественных особенностей, не влияющих заметным образом на работу системы в целом, называется расчетной схемой. Переход от реального объекта к расчетной схеме осуществляется путем схематизации свойств материала, системы приложенных сил, геометрии реального объекта, типов опорных устройств и т.д.

Схематизация свойств материала

Реальные материалы обладают разнообразными физическими свойствами и характерной для каждого из них структурой.

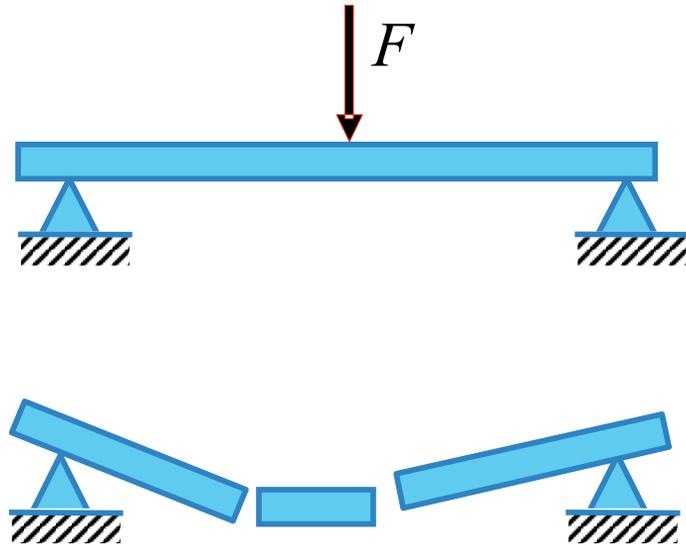
С целью упрощения расчетов в сопротивлении материалов используются следующие допущения о свойствах материала.

1. Материал считается однородным, если его свойства во всех точках одинаковы.
2. Материал считается изотропным, если его свойства во всех направлениях одинаковы.
3. Материал считается анизотропным, если его свойства в разных направлениях разные.

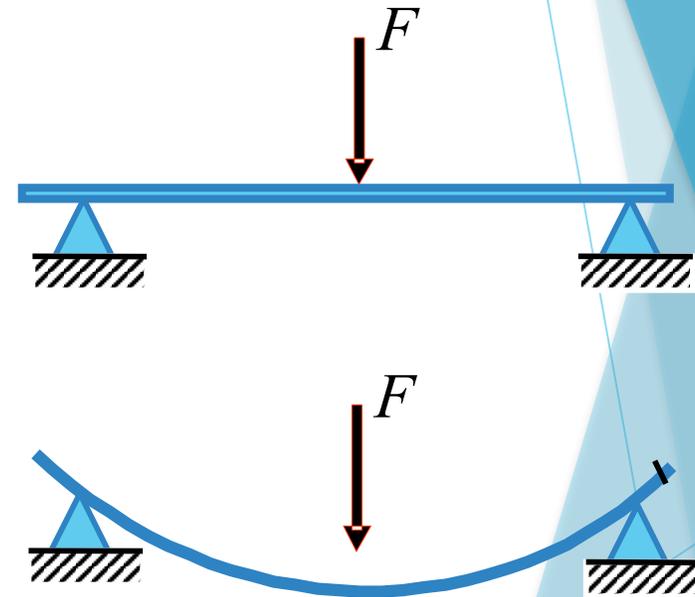
Изотропными являются аморфные материалы, такие как стекло и смолы. Анизотропными являются пластмассы, текстолит и т.п. Металлы являются поликристаллическими телами, состоящими из большого количества зерен, размеры которых очень малы (порядка 0,01 мм). Каждое зерно является анизотропным, но вследствие малых размеров зерен и беспорядочного их расположения металлы проявляют свойство изотропии.

Понятие прочности

Прочность — свойство материала сопротивляться разрушению под действием напряжений, возникающих под воздействием внешних сил.



Деталь разрушается, то есть распадается на две или более частей.
Теряет прочность

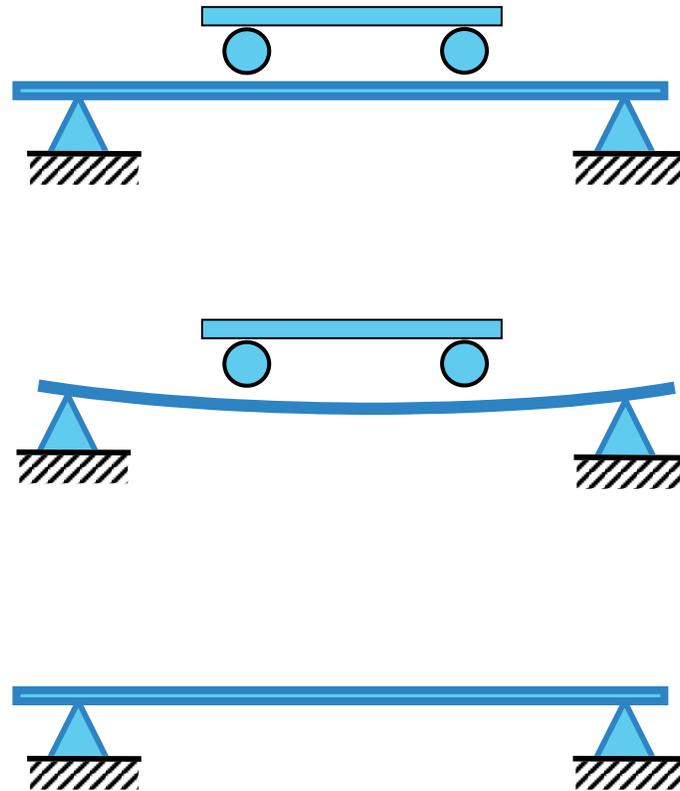


В детали возникают значительные пластические деформации, которые не исчезают после снятия нагрузки. Теряет прочность



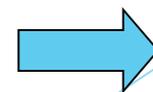
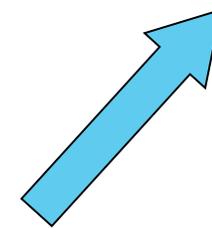
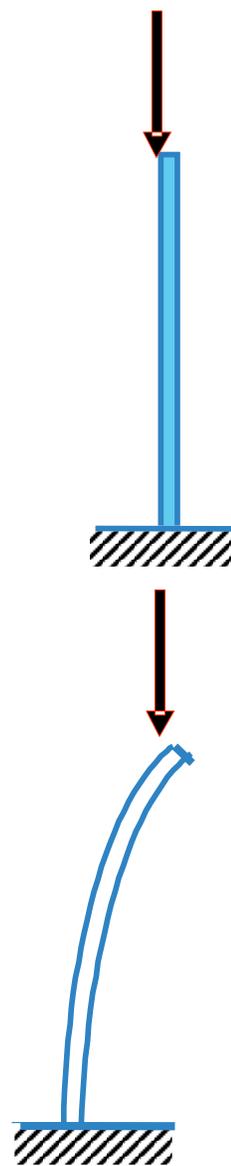
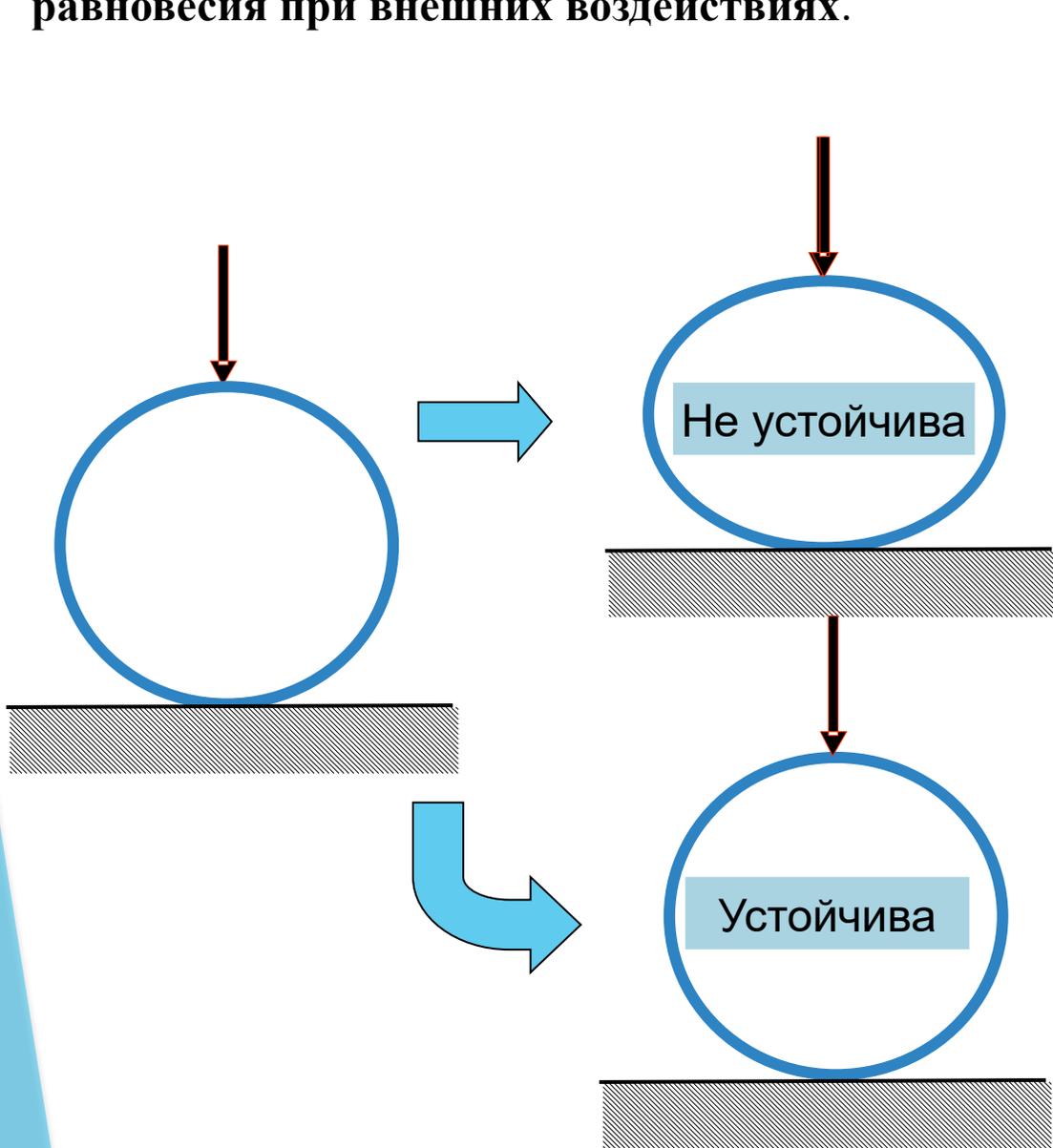
Понятие жесткости

Механическая жёсткость — способность твёрдого тела, конструкции или её элементов сопротивляться деформации (изменению формы и/или размеров) от приложенного усилия вдоль выбранного направления в заданной системе координат.

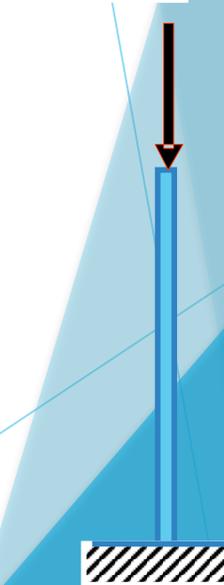


Понятие устойчивости

Устойчивость сечения — способность тела сохранять положение или форму равновесия при внешних воздействиях.



Не устойчива



Устойчива

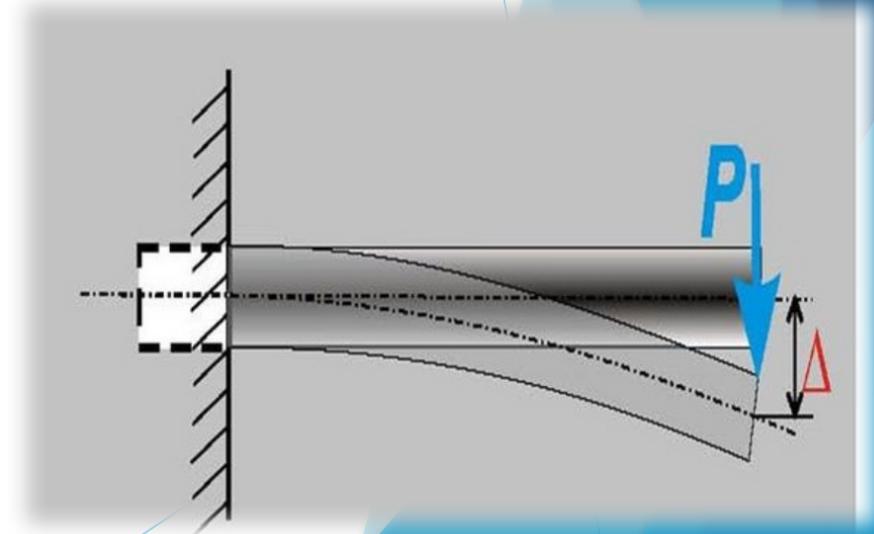
Понятие расчетной схемы

Расчетная схема - это упрощенная, идеализированная схема, которая отражает наиболее существенные особенности объекта, определяющие его поведение под нагрузкой.

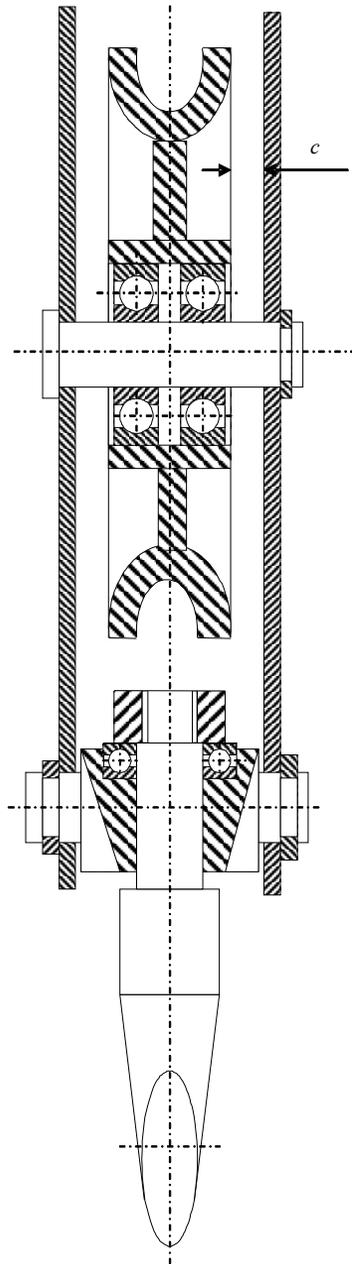
Расчет реальной конструкции начинается с выбора расчетной схемы. Выбор расчетной схемы начинается со схематизации свойств материала и характера деформирования твердого тела, затем выполняется схематизация геометрической формы реального объекта.

Расчетную схему составляют в следующем порядке:

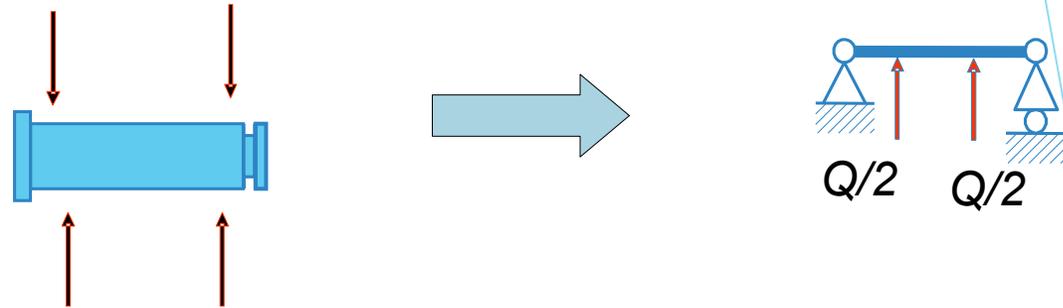
1. Разбивают конструкцию на простые элементы
2. Каждый простой элемент конструкции заменяют соответствующим расчетным элементом (брусом, пластиной, оболочкой, массивным телом);
3. Выбирают схему опорных частей элемента или конструкции (подвижный и неподвижный шарнир, жесткая заделка и другие);
4. Выбирают вариант соединения элементов конструкции между собой и с опорными частями (жесткий или шарнирный) .



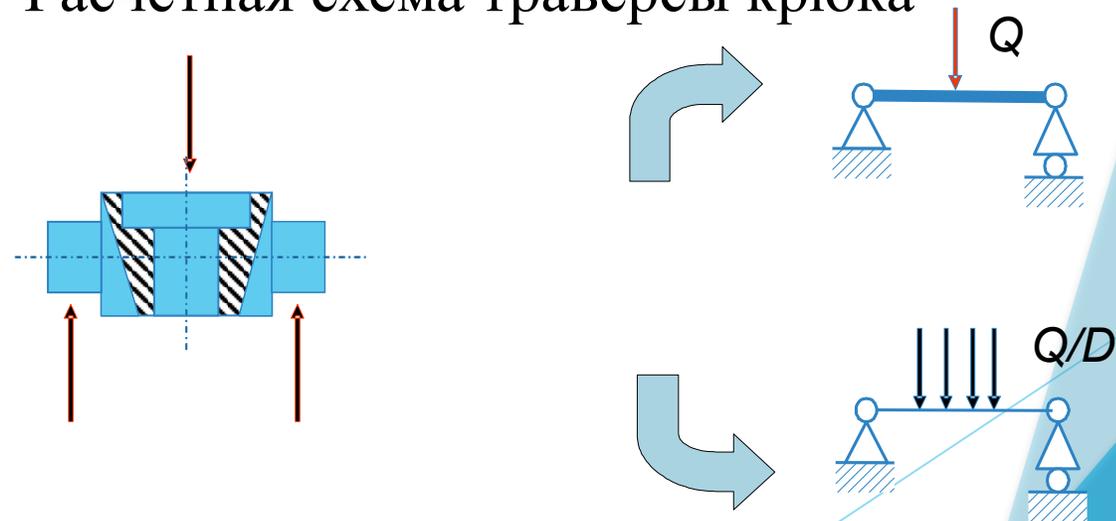
Понятие расчетной схемы



Расчетная схема оси блока

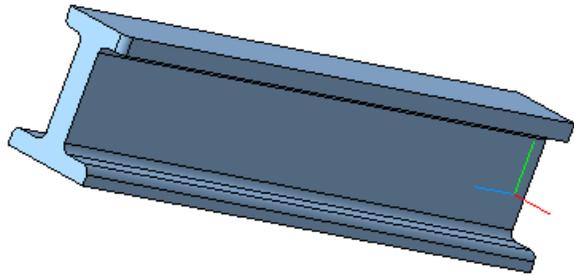


Расчетная схема траверсы крюка

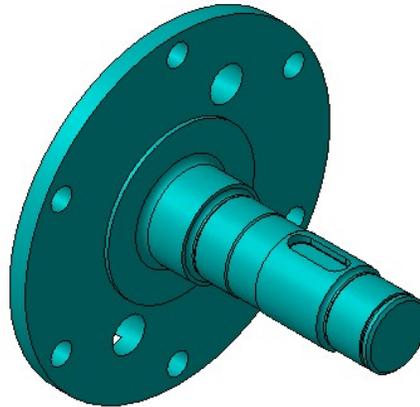


Расчетные формы и их классификация

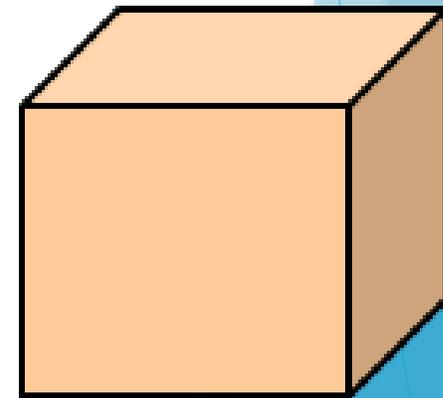
- **Схематизация геометрии реального объекта** – упрощает геометрию реально существующих тел, составляющих конструкцию. Большинство сооружений, механизмов и машин можно расчленить на отдельные тела простой геометрической формы:
 - Брус** - тело, два измерения которого малы по сравнению с третьим (стержни, стойки, валы, балки). Брус может иметь различную форму поперечного сечения (круглое, кольцевое, прямоугольное, коробчатое, двутавровое и др.). Поперечное сечение образуется при разрезе бруса плоскостью, перпендикулярной продольной оси, а продольная ось является линией, соединяющей центры тяжести поперечных сечений, и может быть прямой или криволинейной. Брус является основным объектом рассмотрения в курсе сопротивления материалов. Следующие тела являются объектами рассмотрения в других разделах механики твердого деформируемого тела (теория пластин и оболочек, теория упругости и др.):
 - Оболочка, пластина** - тело, одно измерение которого мало по сравнению с двумя другими (тонкостенные резервуары, оболочки перекрытия, плиты, стенки).
 - Массив** - тело, все три измерения которого мало отличаются друг от друга (фундаментные блоки, шарик подшипника).



Брус



Оболочка



Массив



- **Схематизация силового воздействия** – представляет модель механического действия **внешних сил** на объект от других тел или сред. К внешним силам относятся также и **реакции связей**, определяемые методами теоретической механики. Схематизация силового воздействия сводится к рассмотрению трех типов нагрузки:

Сосредоточенная сила – сила, рассматриваемая в курсе теоретической механики как вектор, характеризуемый модулем (величиной), направлением действия и точкой приложения. Здесь такая сила является условной, поскольку механическое взаимодействие деформируемых тел не может осуществляться в точке (площадь контакта не равна нулю). Условность состоит в том, что в случае малости площадки контакта по сравнению с размерами объекта, **сила считается приложенной в точке**. Если же определяются контактные напряжения, например, в головке рельса, то учитывается фактическое распределение нагрузки на рельс по площадке контакта, размеры которой зависят от величины сжимающей силы (равнодействующей давления). Сосредоточенная сила измеряется в ньютонах (Н).

Объемные силы – силы, распределенные по объему (силы тяжести, силы инерции), приложенные к каждой частице объема. Для этих сил схематизация часто состоит в задании простого закона изменения этих сил по объему.

Объемные силы определяются их интенсивностью, как предел отношения равнодействующей

сил в рассматриваемом элементарном объеме к величине этого объема, стремящегося к нулю: $f = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta V}$ и измеряются в Н/м³.

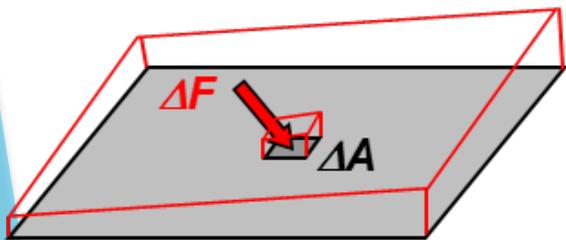


Поверхностные силы – силы, распределенные по поверхности (давление жидкости, газа или другого тела), характеризующиеся интенсивностью давления, как предел отношения равнодействующей сил на рассматриваемой элементарной площадке к величине площади этой площадки, стремящейся к нулю:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

и измеряются в Н/м².

Для этих сил схематизация часто состоит в задании простого закона изменения этих сил по поверхности.

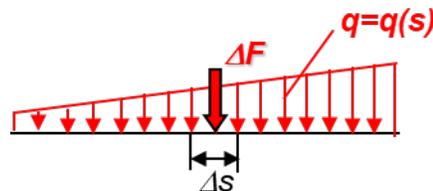


Линейно распределенная нагрузка – силы, распределенные по некоторой линии (длине), характеризующая интенсивностью нагружения, как предел отношения равнодействующей сил на рассматриваемой элементарной длине линии к величине длины этой линии, стремящейся к нулю:

$$q = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta s}$$

и измеряются в Н/м.

Для этих сил условность состоит в представлении области контакта в виде линии нулевой толщины. Характер изменения часто задается в виде простого закона (постоянного, линейного).

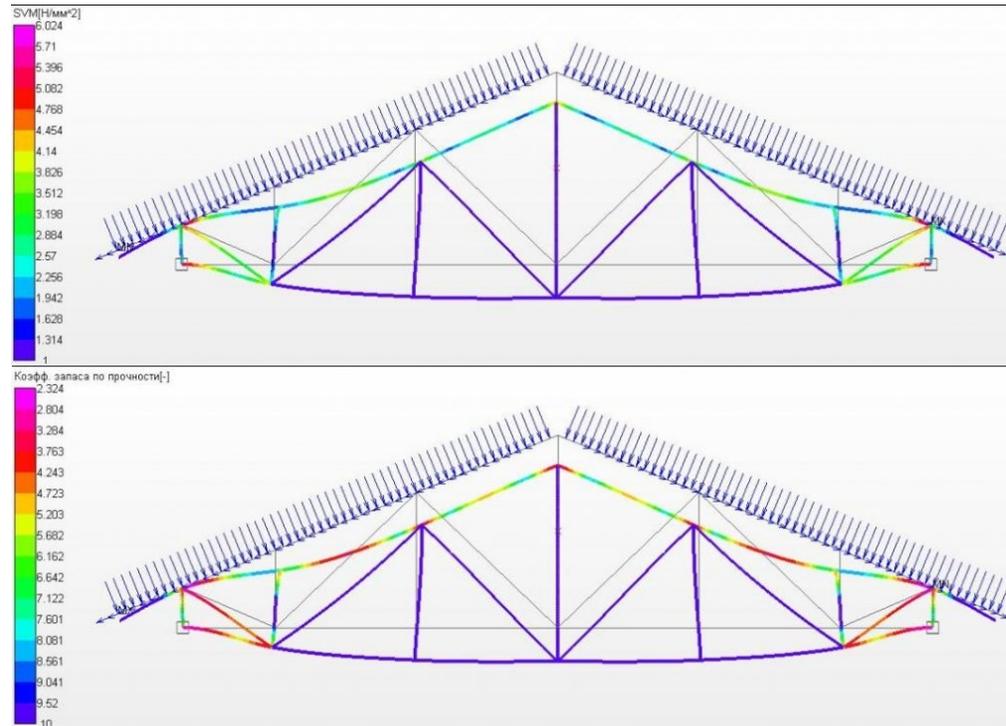




По характеру воздействия на сооружения внешние силы делятся на статические и динамические.

Динамическая нагрузка быстро изменяется во времени (при движении подвижного состава, колебания, удар). При медленном изменении нагрузки можно пренебречь силами инерции и деформациями, возникающими в объекте, и такая нагрузка может условно считаться **статической**.

По времени действия на сооружения нагрузки делятся на **постоянные** (вес автомобиля, вес балки) и **временные** (нагрузка на дорогу от движущейся автомашины, ветровая или снеговая нагрузка).



Опорные реакции

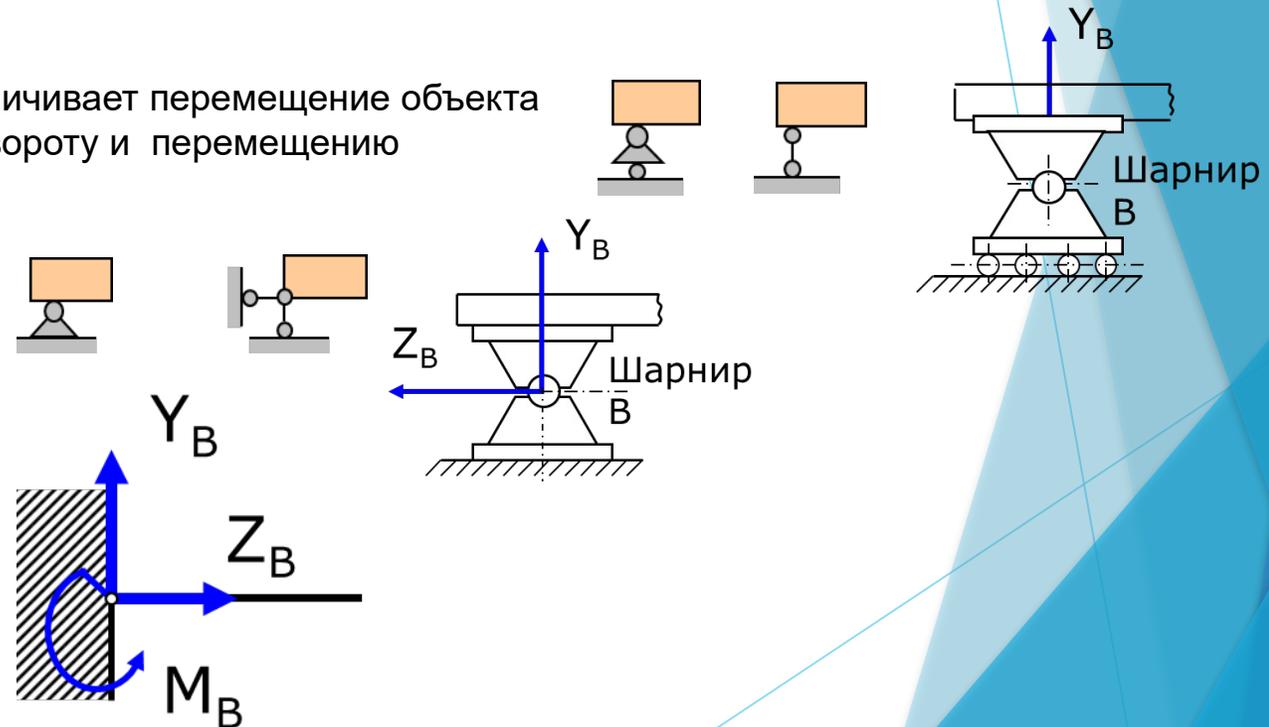
- Основные типы опор и балок** – Стержни, работающие главным образом на изгиб, называются **балками**. Балки являются простейшими несущими конструкциями в мостах, промышленных и гражданских сооружениях. Балки опираются на другие конструкции или основание (стены, колонны, устои и др.).

- Схематизация опорных устройств** – упрощает реальные конструкции опорных устройств с сохранением функций ограничения перемещений. Схематизация большинства из опорных устройств рассмотрена в курсе теоретической механики и сводится к нескольким типам опор:

- Шарнирно-подвижная (катковая) опора** – ограничивает перемещение объекта по нормали к опорной плоскости (не препятствует повороту и перемещению по касательной к опорной плоскости).

- Шарнирно-неподвижная опора** – ограничивает перемещение объекта как по нормали к опорной плоскости, так и по касательной (не препятствует повороту).

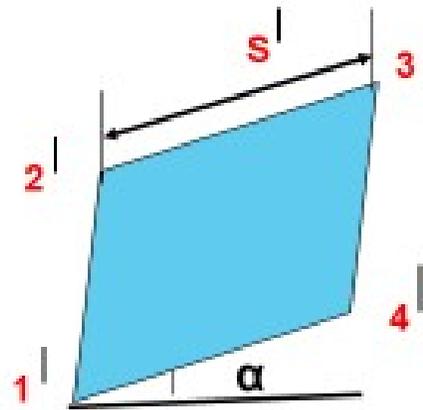
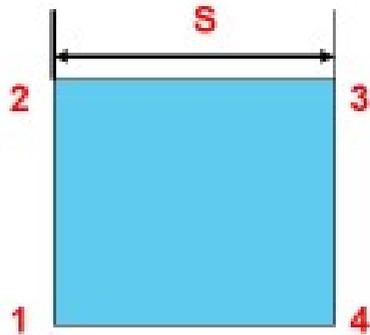
- Жесткое защемление (жесткая заделка)** – ограничивает как поступательные, так и вращательные движения (линейные и угловые перемещения) объекта. В случае плоской системы сил (плоская заделка) ограничиваются перемещения по осям x , y и поворот в плоскости x , y .





Виды деформаций

- ▶ **Деформации** (изменения размеров и формы тела) возникают под действием нагрузок.
- ▶ **Линейные деформации** - изменение линейных размеров.
- ▶ **Угловые деформации** - изменение угловых размеров.



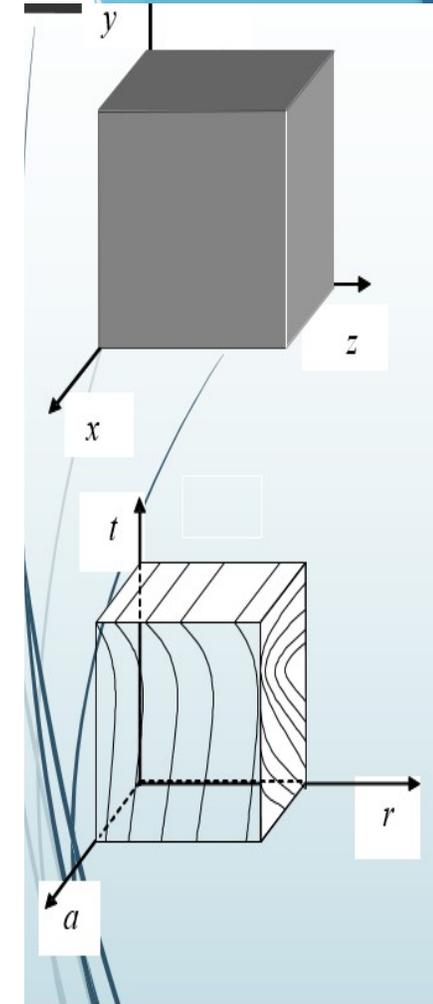
$$S^l = \Delta S + S$$

α – угловая деформация

$\epsilon = \Delta S / S$ – средняя линейная деформация

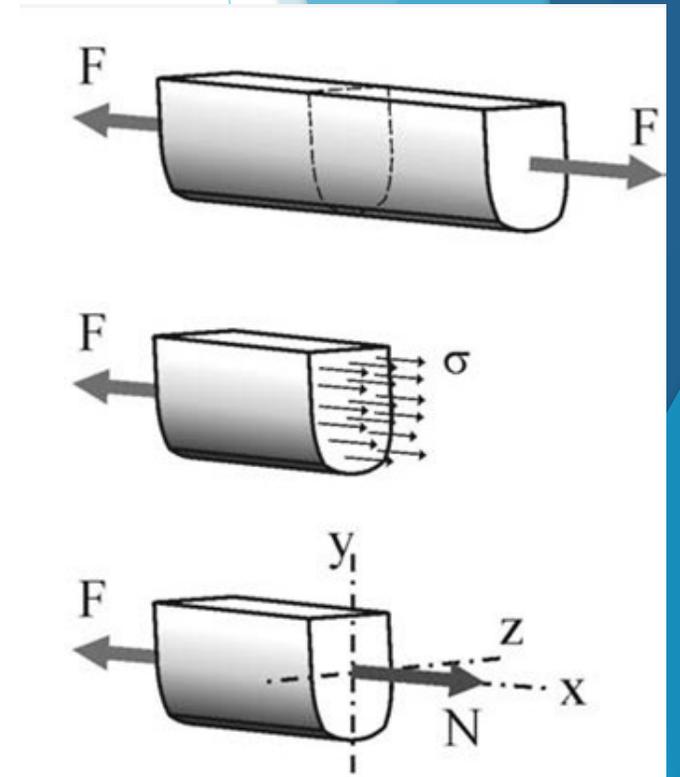
Основные допущения о свойствах материалов

- ▶ материал имеет **сплошное** (непрерывное) строение;
- ▶ материал **однороден**, т.е. его свойства во всех точках одинаковы;
- ▶ материал **изотропен**, т.е. его свойства во всех направлениях одинаковы;
- ▶ материал **упруг**, т.е. после снятия внешних воздействий он полностью восстанавливает свои размеры и форму.



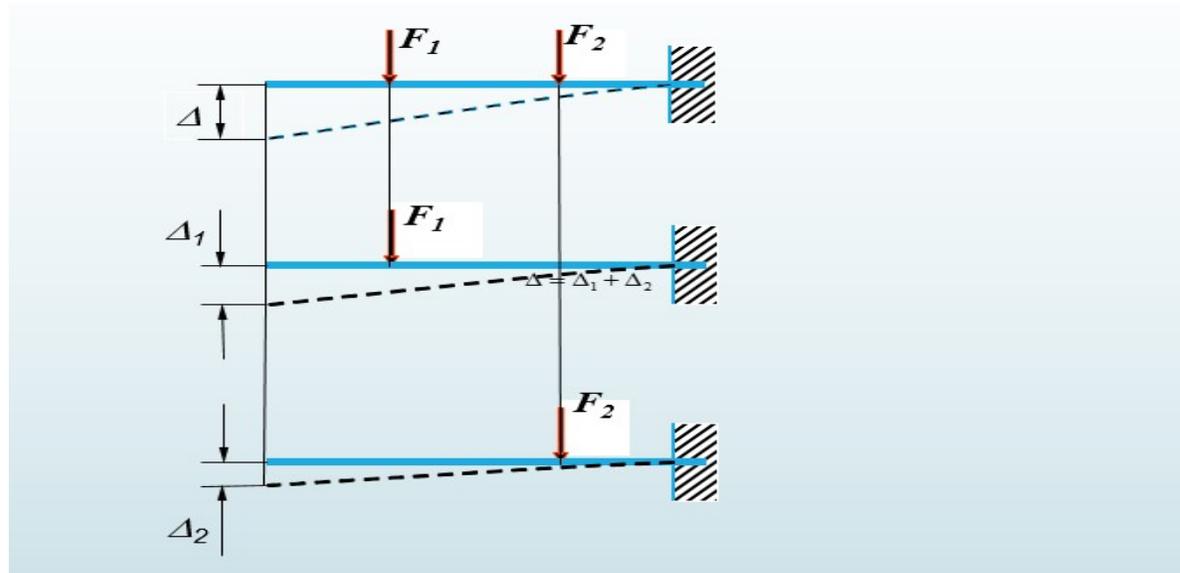
Гипотезы о характере деформаций

- ▶ **гипотеза плоских сечений Бернулли** - сечения, плоские и нормальные к оси бруса до деформации, остаются плоскими и нормальными к оси бруса после деформации;
- ▶ **гипотеза о ненадавливании волокон** - волокна могут деформироваться только под действием усилий, направленных вдоль них;
- ▶ **закон Гука** - упругие деформации прямо пропорциональны приложенной нагрузке.



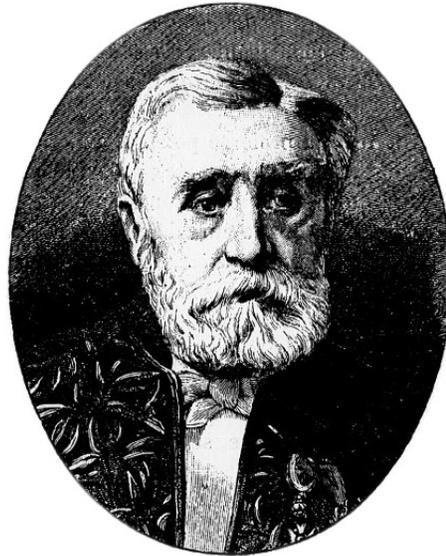
Гипотезы о характере деформаций и другие принципы

- ▶ Гипотеза об отсутствии первоначальных внутренних усилий.
- ▶ Принцип неизменности начальных размеров - деформации малы по сравнению с первоначальными размерами тела.
- ▶ Принцип независимости действия сил - результат воздействия на тело системы сил равен сумме результатов воздействия тех же сил, приложенных к телу последовательно и в любом порядке.



Принцип Сен - Венана

- ▶ Напряжения, достаточно удаленные от места приложения нагрузки на границе, изменяются незначительно при изменении этой нагрузки в статически эквивалентную нагрузку..



Адемáр Жан-Клод Баррэ де Сен-Венáн (23 августа 1797, Вилье-ан-Бер — 6 января 1886, Сент-Уан) — французский инженер, механик и математик, известный своими многочисленными работами по теории упругости, в развитие которой внёс большой вклад, гидродинамике и другим отраслям

▶ **Рекомендуемая литература**

- ▶ 1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 1989.- 622 с.
- ▶ 2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: изд. МГТУ, 1999. -591с.
- ▶ 4. Степин П.А. Сопротивление материалов - М.: ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС, 1997.-320 с.
- ▶ 5. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И Руководство к решению задач по сопротивлению материалов - М.: Высшая школа, 1999. -592 с.
- ▶ 6. Миролубов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов - М: Высшая школа, 1985. -399 с.
- ▶ 7. Бондаренко А.Н. Электронный учебник по сопротивлению материалов. Москва. 2007 г.
- ▶ 8. Панков А.Д. Руководство по курсовому проектированию по сопротивлению материалов Расчет валов. г. Саров. 2008 г.
- ▶ 9. Панков А.Д. Вопросы для электронного тестирования по курсу “Сопротивление материалов”. г. Саров. 2009 г.
- ▶ 10. Панков А.Д. Лабораторный практикум по курсу “Сопротивление материалов”. г. Саров. 2010 г.
- ▶ 1. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. Изд –во АПМ., 2007 г.



SATBAYEV
UNIVERSITY

