

# **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

**Евдокимов Алексей Петрович,  
профессор, д.т.н.**

## Литература

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 592 с.
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 1989. 624 с.
3. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. Практикум по решению задач. Минск: Вышэйшая школа, 2009. 688 с.
4. Подскрёбко М.Д. Сопротивление материалов. Минск: Вышэйшая школа, 2007. 797 с.
5. Миролубов И.Н. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. М.: Издательство «Лань», 2007. 512 с.
6. Ицкович Г.М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высшая школа, 2001. 592 с.

# ЛЕКЦИЯ № 1

# ВВЕДЕНИЕ

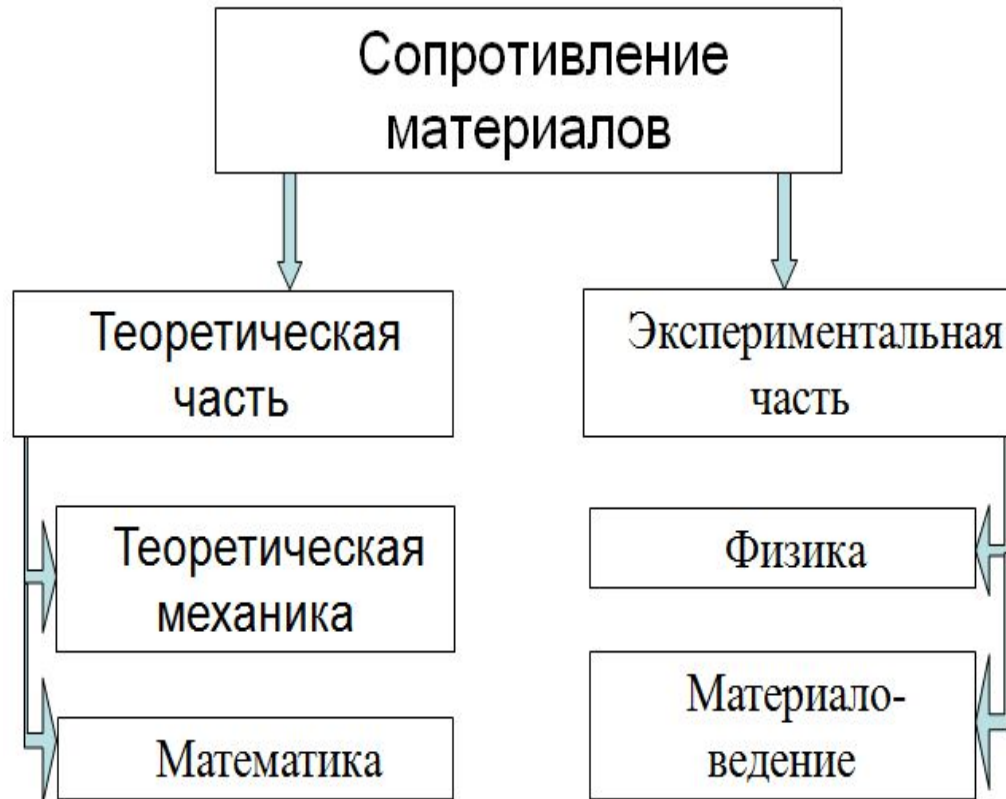
## Основные понятия

*Сопротивление материалов* – это раздел механики, изучающий современные методы расчёта конструкций и деталей машин на прочность, жёсткость и устойчивость.

*Прочность* – способность деталей и элементов конструкций воспринимать внешние нагрузки, не разрушаясь.

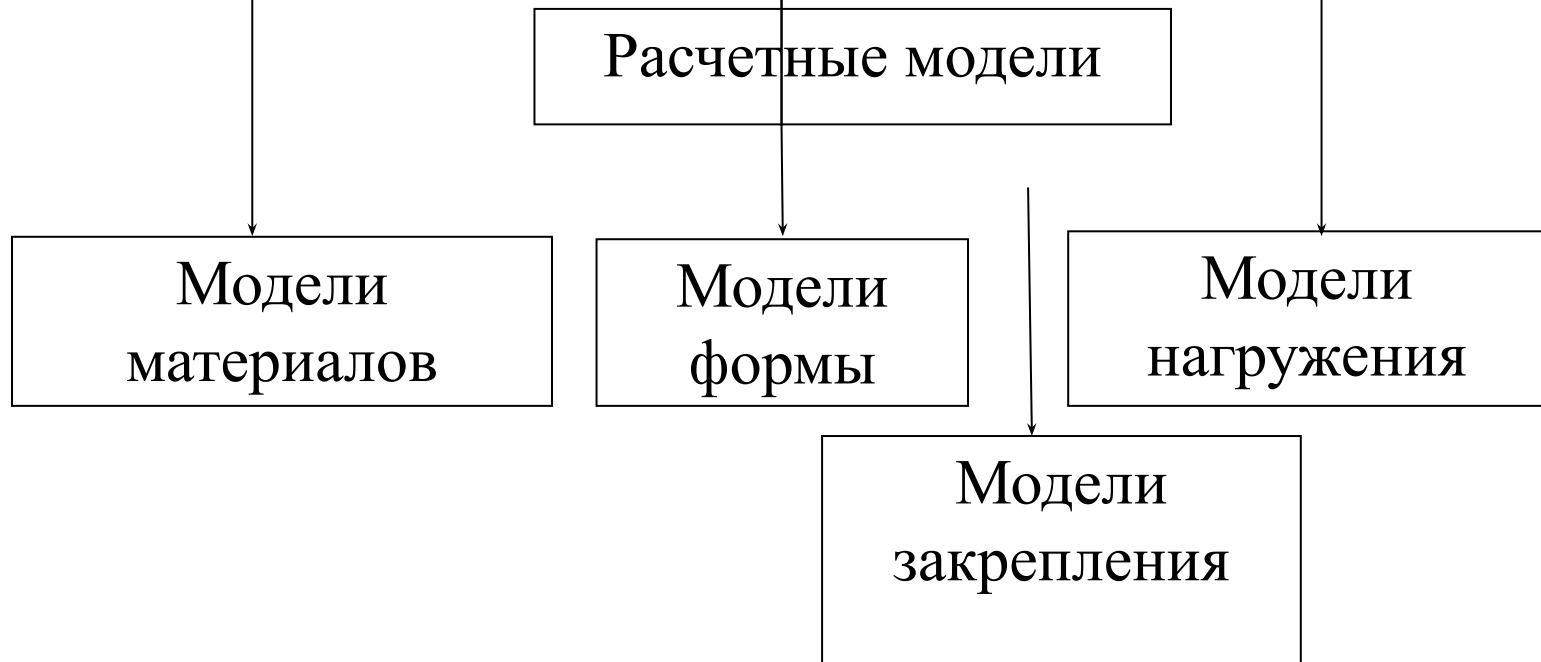
*Жесткость* – способность деталей и элементов конструкций сопротивляться образованию деформаций, т.е. изменению первоначальных размеров и формы.

***Устойчивость*** – способность конструкции сохранять первоначальную форму равновесия под нагрузкой.



# Реальный объект и расчётная схема

В сопротивлении материалов расчет любого реального материального объекта начинается с выбора расчётной модели или расчётной схемы.



*Реальный объект, освобождённый от несущественных особенностей, называется расчетной схемой.*

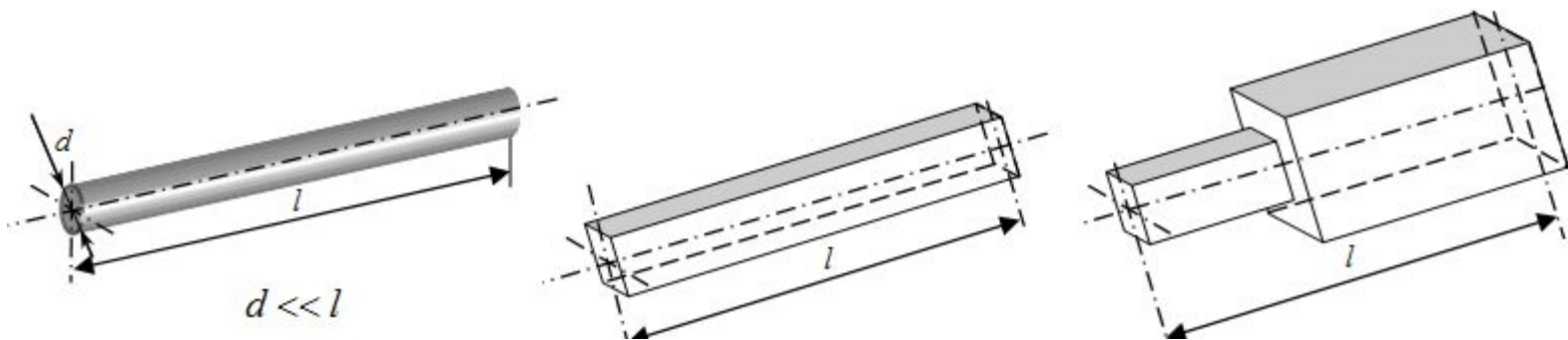
Для одного и того же объекта может быть предложено несколько расчетных схем в зависимости от требуемой точности расчета и от стороны рассматриваемого явления. При расчетах производится схематизация формы реального объекта по геометрическим признакам.

Процедура выбора расчетной схемы для реального объекта состоит в его расчленении на отдельные типовые элементы (простые формы).

## Виды тел:

**Брус** – геометрическое тело, два размера которого намного меньше его третьего размера.

Брусья бывают прямолинейные, криволинейные, постоянного сечения, переменного сечения, комбинированные.

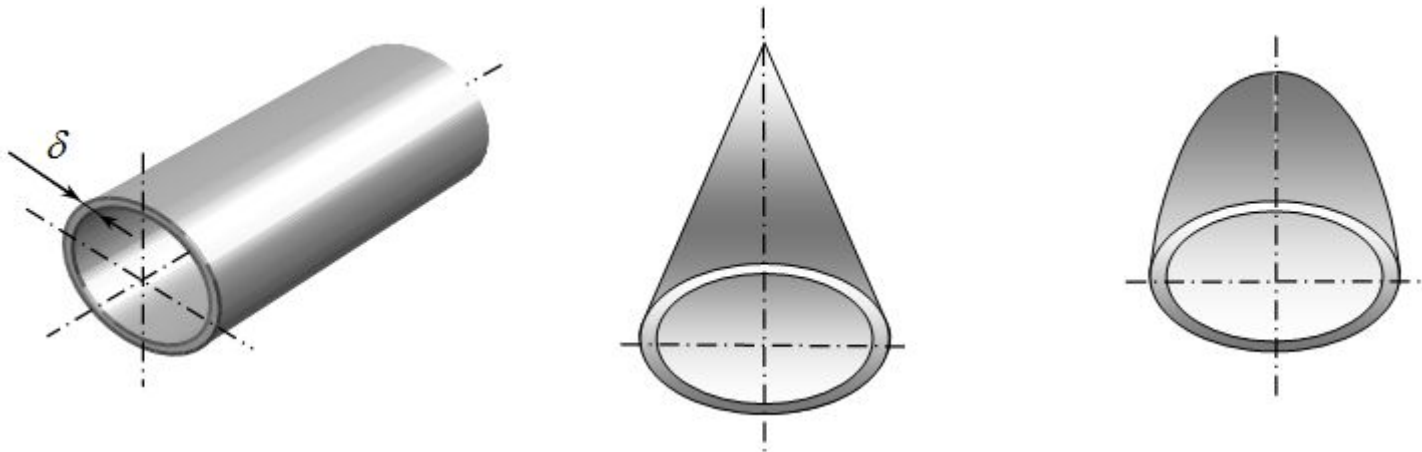


**Примеры:** балки, оси, валы, стержни, звенья цепей, крюки.



**Оболочка** — геометрическое тело, длина и ширина которого значительно больше его толщины.

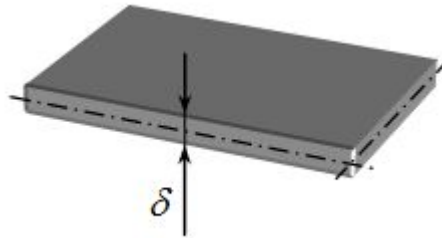
Оболочки бывают тонко- и толстостенные. По форме различают цилиндрические, конические, сферические оболочки.



**Примеры:** резервуары для хранения нефти и газа, трубопроводы, купола зданий, корпуса судов, самолетов и других машин.

Оболочки могут быть замкнутыми (сосуды давления) и незамкнутыми.

**Пластина** – оболочка с плоской поверхностью.



**Примеры:** *плоские днища и крыши резервуаров, стены и перекрытия инженерных сооружений, диски турбомашин.*

**Массив** – геометрическое тело, все три размера которого – величины одного порядка.



*Примеры: фундаменты зданий, опорные колонны, шарики или ролики в подшипниках качения и т.п.*

## **Допущения и гипотезы в сопротивлении материалов**

В сопротивлении материалов все расчеты ведутся простыми математическими методами с привлечением упрощающих допущений и гипотез.

# 1. Допущение о свойствах материалов.

Материал будем считать:

- сплошным,
- однородным,
- изотропным,
- идеально-упругим.

***Сплошность*** – понятие, предполагающее, что материал полностью заполняет занимаемый объём и распределен в нем без пустот и разрывов.

***Однородность*** – одинаковость свойств материала во всех точках тела.

***Изотропность*** - одинаковость свойств материала во всех направлениях.

***Идеальная упругость*** – свойство полностью восстанавливать форму и размеры после устранения причин, вызывающих это изменение.

2. Допущение о деформациях.

Деформации подразделяются следующим образом:

- упругие,
- пластические.

***Упругие деформации*** обратимы, т.е. исчезают после устранения причин, их вызвавших.

***Пластические деформации*** необратимы, т.е. остаются после устранения причин, их вызвавших.

3. Гипотеза об отсутствии первоначальных внутренних усилий.

4. Принцип неизменности начальных размеров (принцип отвердевания).

5. Гипотеза о линейной деформируемости тел (закон Гука).

6. Принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции).

7. Гипотеза плоских сечений (*гипотеза Бернулли*): плоские поперечные сечения бруса до деформации остаются плоскими и нормальными к оси бруса после деформации.

8. *Принцип Сен-Венана*: напряженное состояние тела на достаточном удалении от области действия локальных нагрузок очень мало зависит от способа их приложения.

## **Классификация сил и нагрузок. Метод сечений**

Важное место в понятии расчётной схемы занимают внешние силы. Если элемент в конструкции рассматривается изолированно от окружающих тел, то действие последних на него заменяется силами, которые называются внешними.

***Внешние силы*** – силы, которые обусловлены действием на тело других тел или внешней среды.

***Внутренние силы*** – усилия или моменты, обусловленные действием одной части тела на другую внутри какой-либо изолированной системы.

Внешние силы можно условно классифицировать следующим образом:

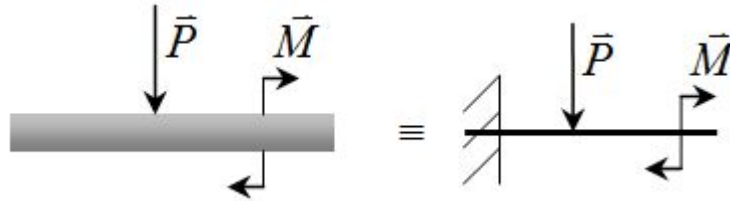
- *по характеру действия:*

- статические,
- динамические, которые можно подразделить следующим образом:
  - внезапно приложенные,
  - ударные,
  - циклические;



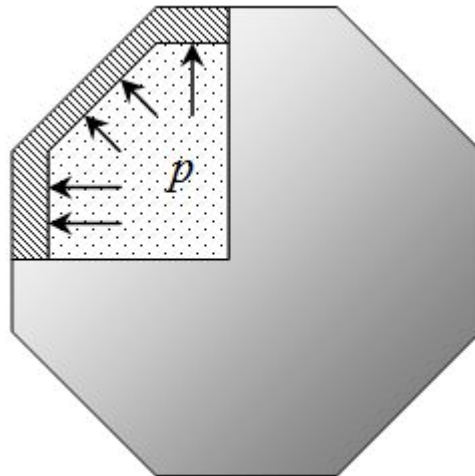
- по способу приложения:

- сосредоточенные (силы  $P$  [Н] и моменты  $M$  [Н·м]):

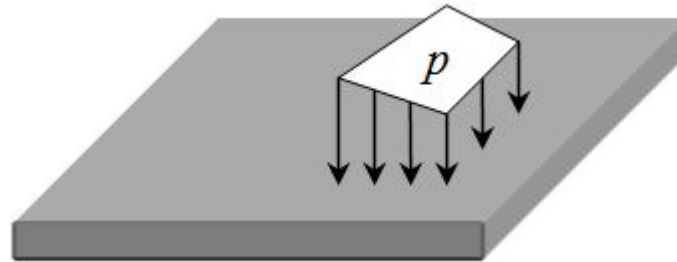


- распределенные, которые можно подразделить следующим образом:

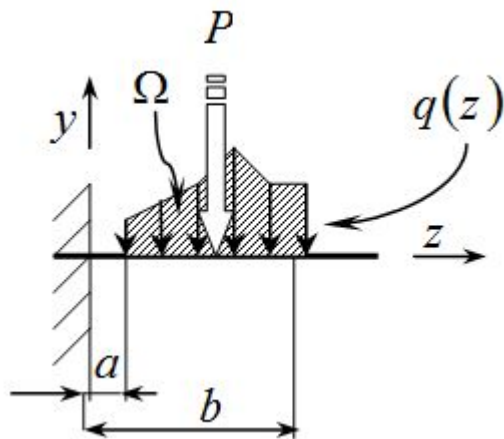
- объемные,  $\gamma$  [Н/м<sup>3</sup>],



○ поверхностные,  $p$  [Н/м<sup>2</sup>] = [Па],



○ линейные,  $q$  [Н/м];



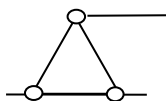
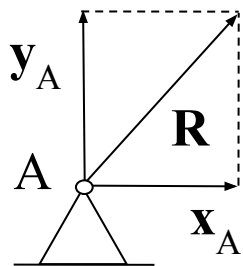
$$P = \int_a^b q(z) dz = \Omega \quad - \text{площадь}$$

фигуры, ограничивающей влияние  
распределенной нагрузки.

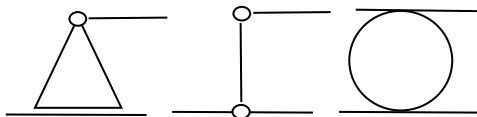
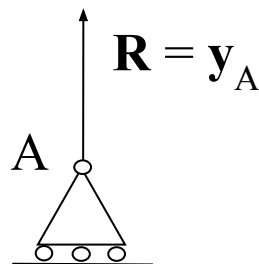
- по возникновению:

- активные (силы  $P$  [Н] и моменты  $M$  [Н·м]);
- реактивные (реакции опор).

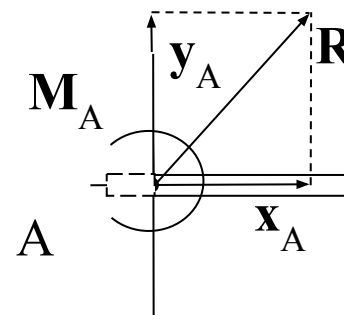
Основные опоры и их опорные реакции имеют вид:



цилиндрическая  
шарнирно-  
неподвижная  
опора



цилиндрическая  
шарнирно-  
подвижная  
опора

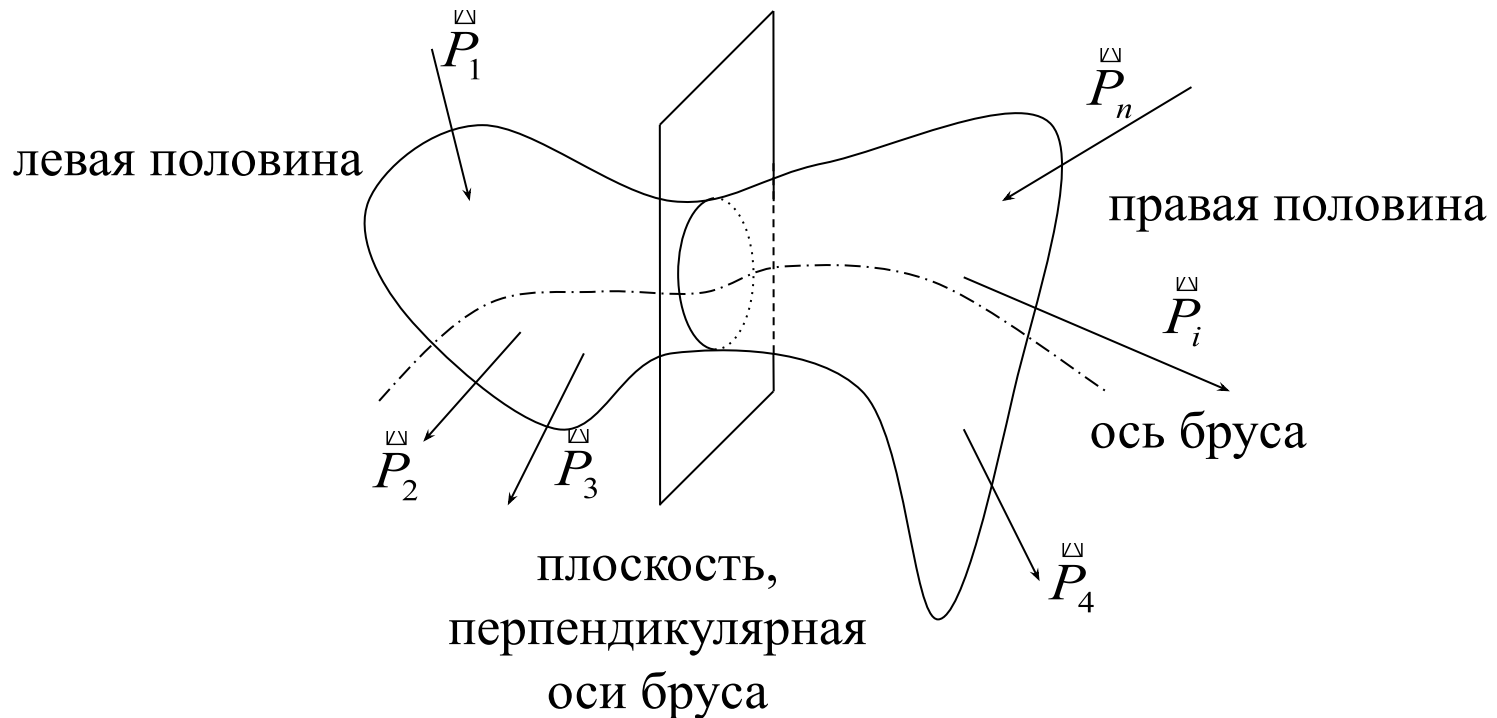


жесткая заделка

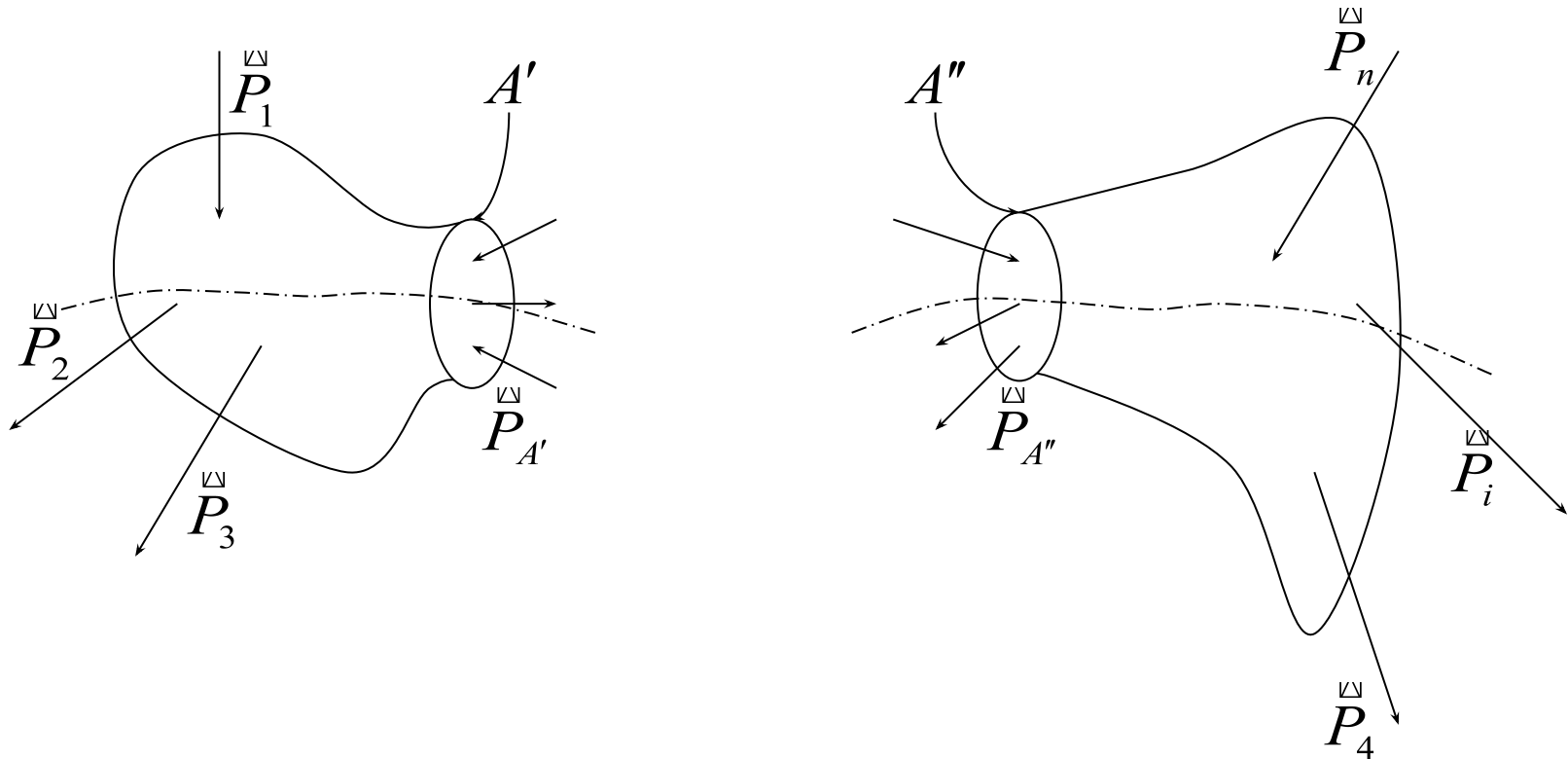
Для проведения расчетов на прочность необходимо знать внутренние усилия, которые определяются с помощью метода сечений.

Метод сечений представляет собой алгоритм из четырех действий:

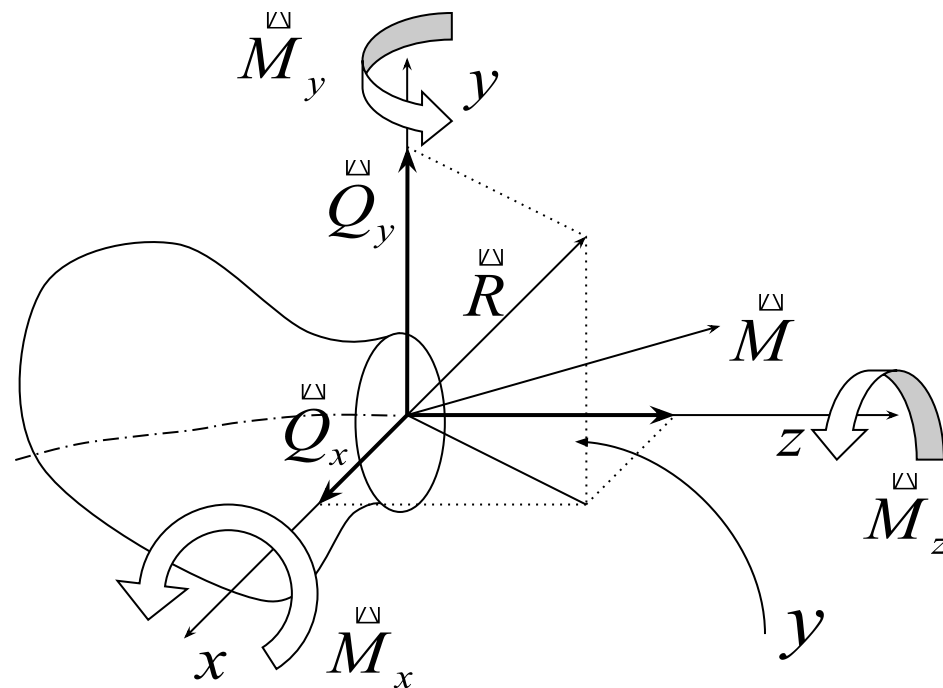
- разрезаем брус плоскостью, перпендикулярной его оси



- отбрасываем ту часть бруса, которая содержит большее количество неизвестных



- заменяем действие отброшенной части равнодействующими усилиями.



- $\vec{R}$  - главный вектор системы внутренних сил;  
 $\vec{M}$  - главный момент системы внутренних сил;  
 $N$  - нормальная (продольная) сила;  
 $Q_x, Q_y$  - поперечные силы;  
 $M_z$  - крутящий момент;  
 $M_x, M_y$  - изгибающие моменты.

Перечисленные силы и моменты являются внутренними силовыми факторами.

- составляем уравнения равновесия для определения внутренних силовых факторов (сил и моментов):

$$N = \sum_{i=1}^n P_{iz} = 0; \quad Q_x = \sum_{i=1}^n P_{ix} = 0; \quad Q_y = \sum_{i=1}^n P_{iy} = 0;$$

$$M_z = \sum_{i=1}^n m_{Oz}(\vec{P}_i) = 0; \quad M_x = \sum_{i=1}^n m_{Ox}(\vec{P}_i) = 0;$$

$$M_y = \sum_{i=1}^n m_{Oy}(\vec{P}_i) = 0.$$