

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

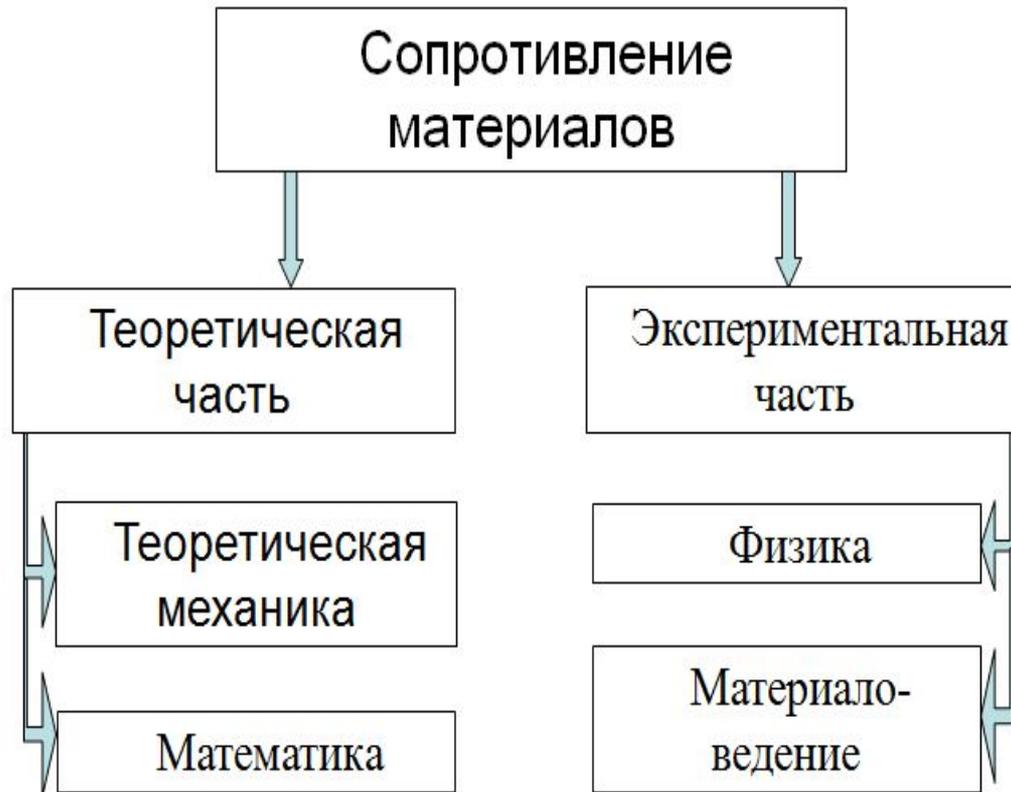
Основные понятия

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.

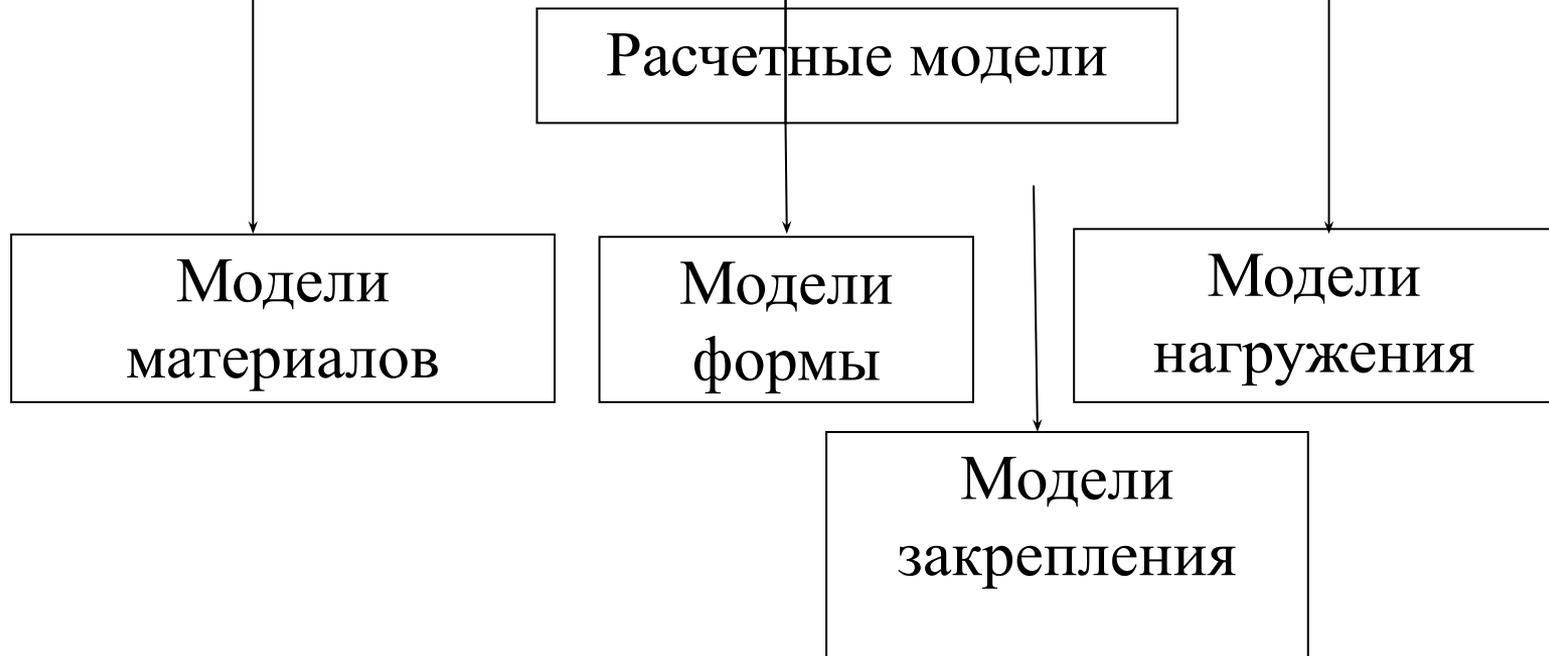
Жесткость – способность деталей и элементов конструкций сопротивляться образованию деформаций, т.е. изменению первоначальных размеров и формы.

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.

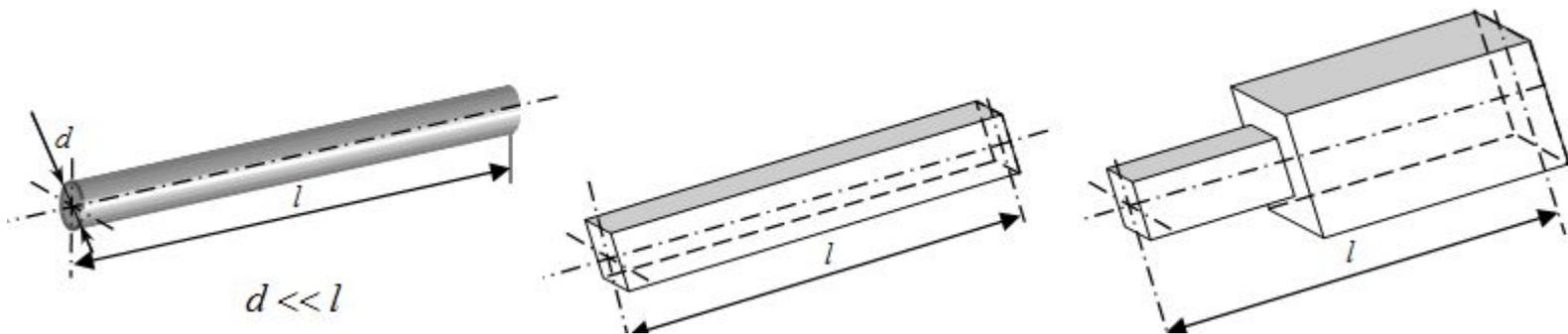
Для одного и того же объекта может быть предложено несколько расчетных схем в зависимости от требуемой точности расчета и от стороны рассматриваемого явления. При расчетах производится схематизация формы реального объекта по геометрическим признакам.

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.

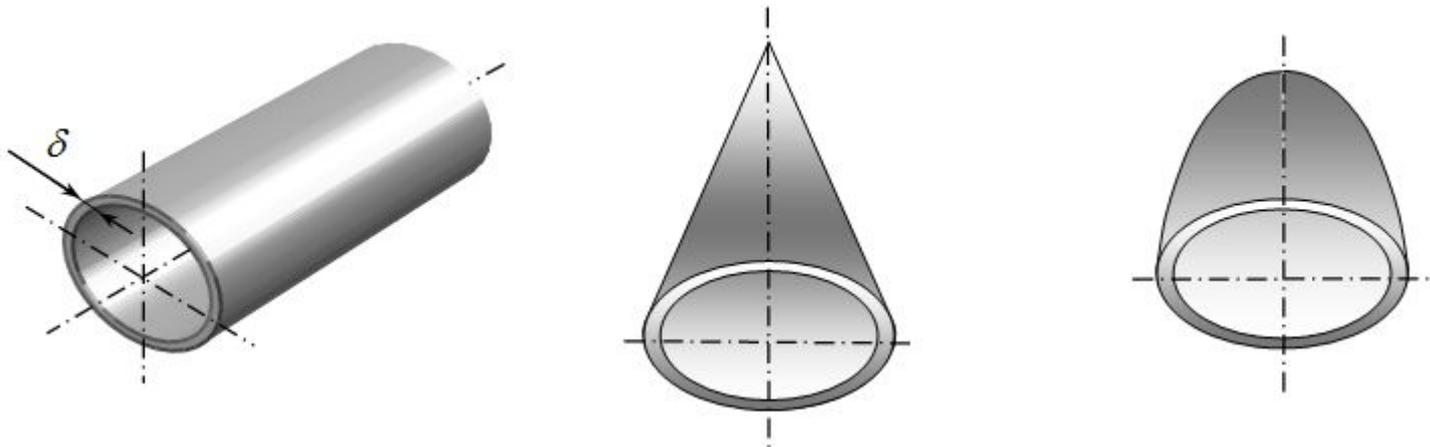
Брусья бывают прямолинейные, криволинейные, постоянного сечения, переменного сечения, комбинированные.



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

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

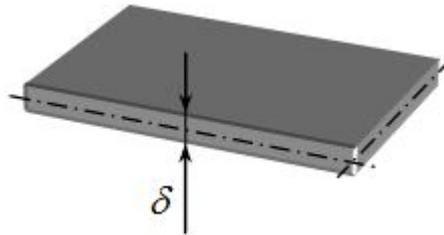
Оболочки бывают тонко- и толстостенные. По форме различают цилиндрические, конические, сферические оболочки.



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

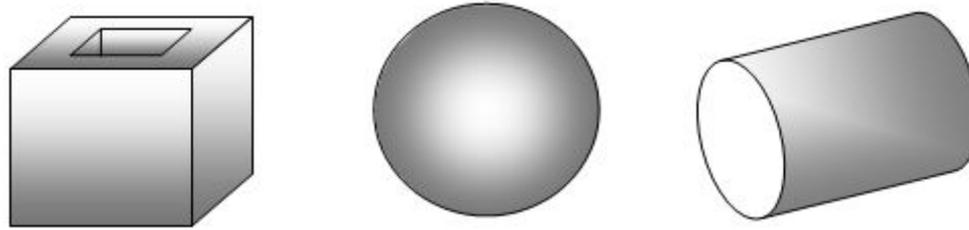
Оболочки могут быть замкнутыми (сосуды давления) и незамкнутыми.

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.

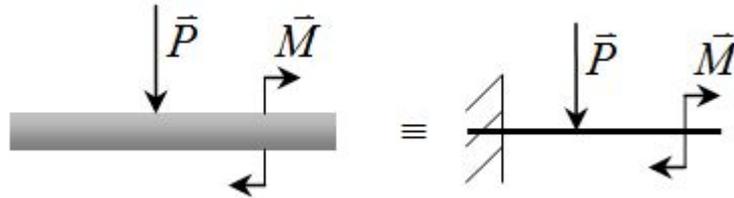
Внешние силы можно условно классифицировать следующим образом:

- *по характеру действия:*

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

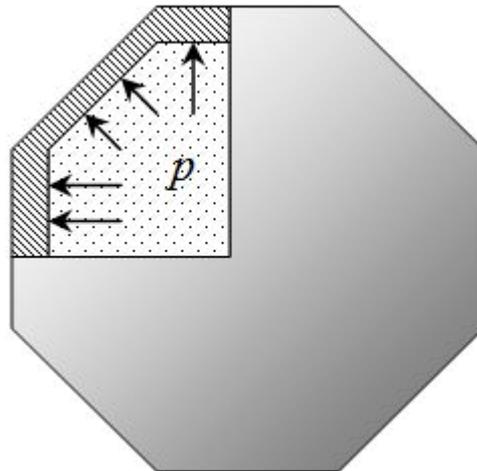
- по способу приложения:

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

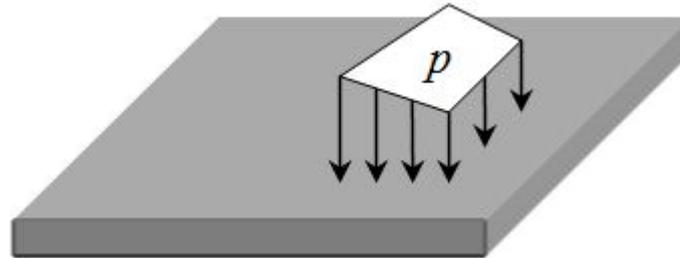


- распределенные, которые можно подразделить следующим образом:

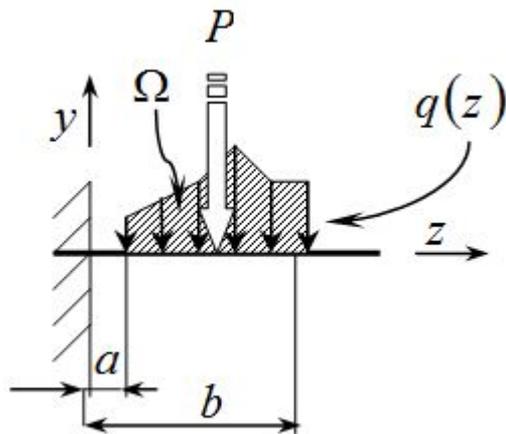
○ объемные, γ [Н/м³],



○ поверхностные, p [Н/м²] = [Па],



○ линейные, q [Н/м];



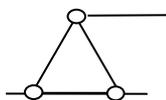
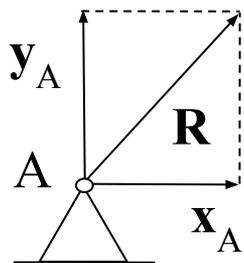
$$P = \int_a^b q(z) dz = \Omega \quad - \text{ площадь}$$

фигуры, ограничивающей влияние
распределенной нагрузки.

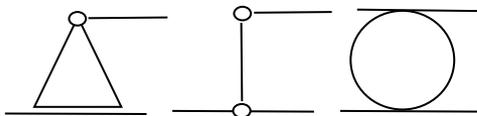
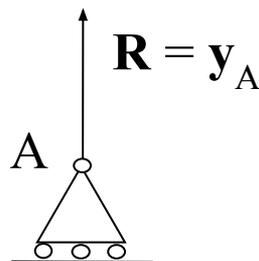
- по возникновению:

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

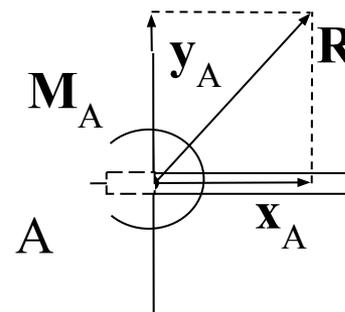
Основные опоры и их опорные реакции имеют вид:



цилиндрическая
шарнирно-
неподвижная
опора



цилиндрическая
шарнирно-
подвижная
опора

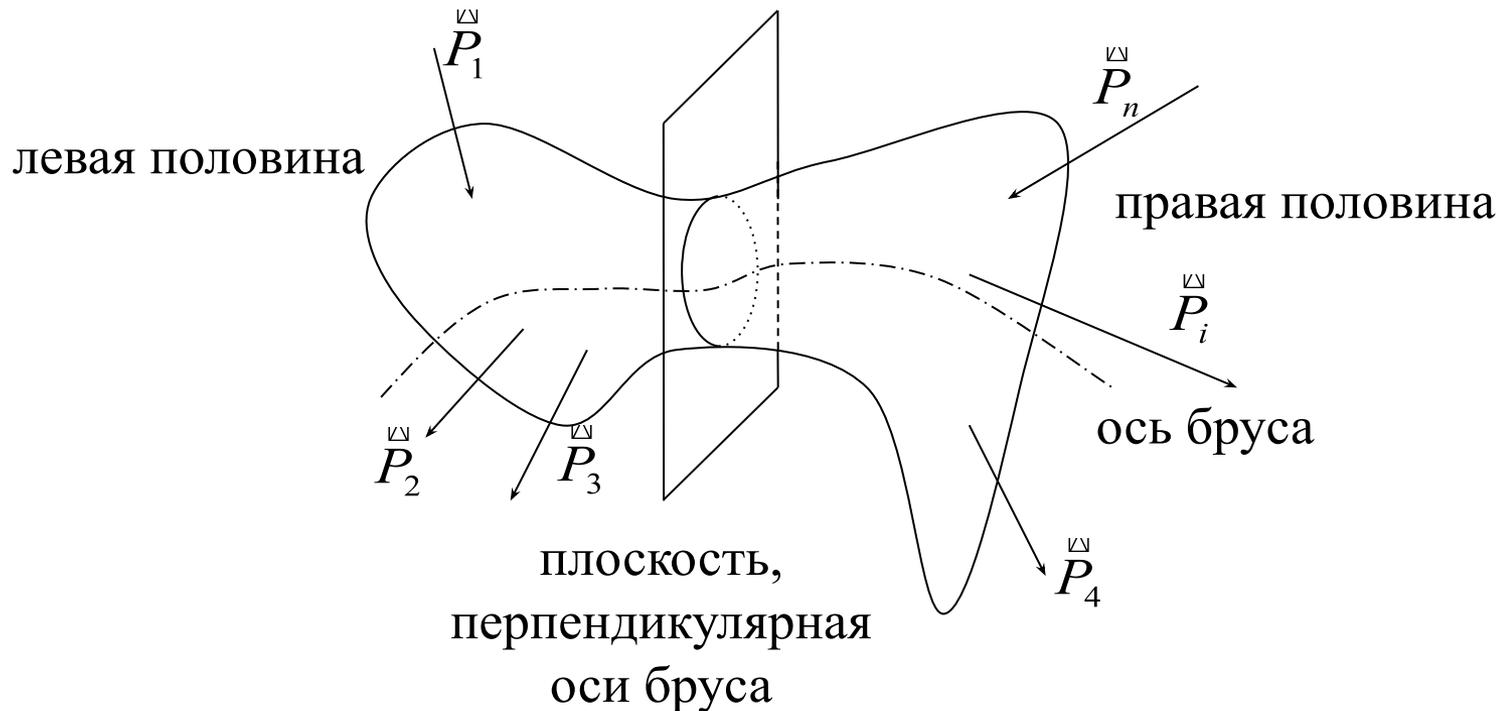


жесткая заделка

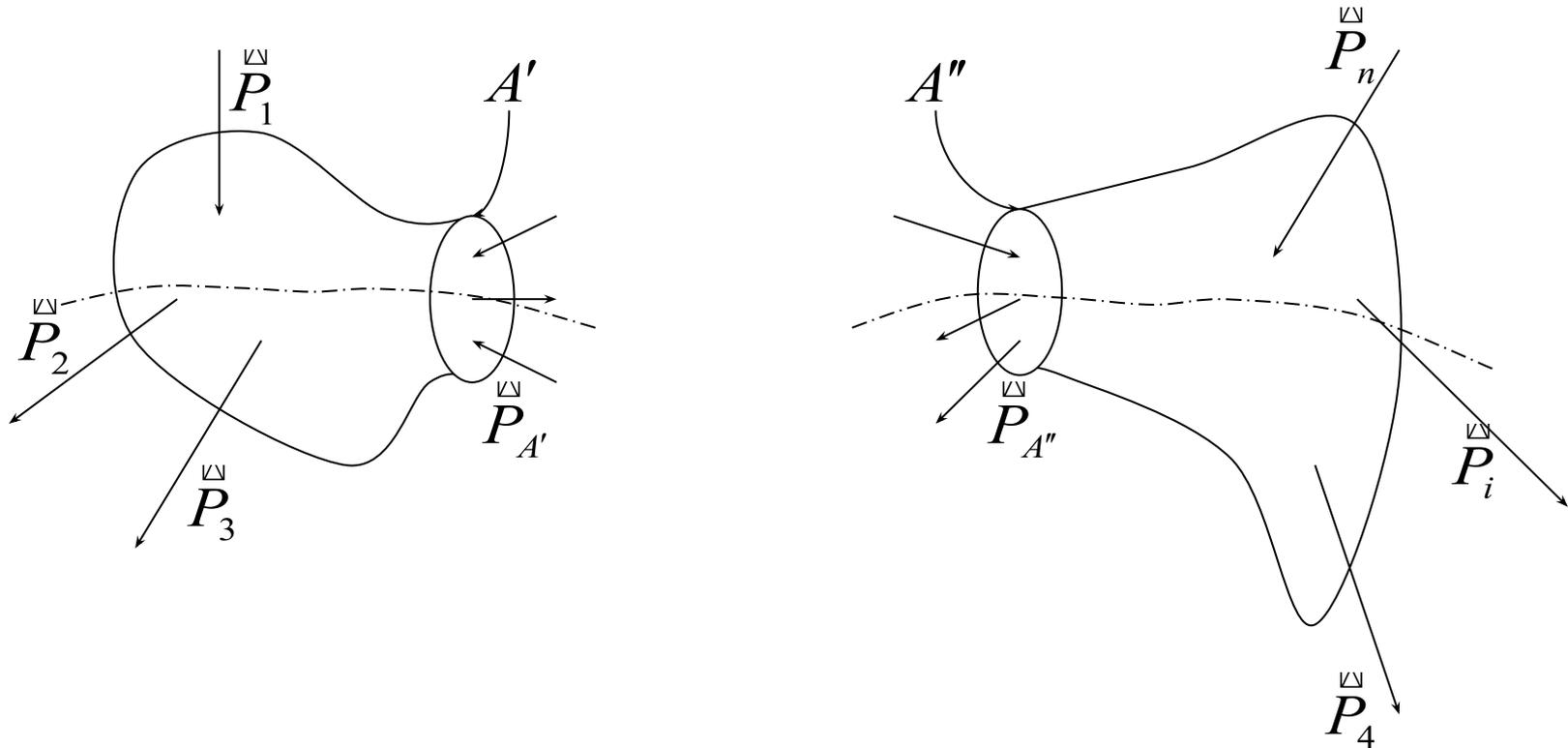
Для проведения расчетов на прочность необходимо знать внутренние усилия, которые определяются с помощью метода сечений.

Метод сечений представляет собой алгоритм из четырех действий:

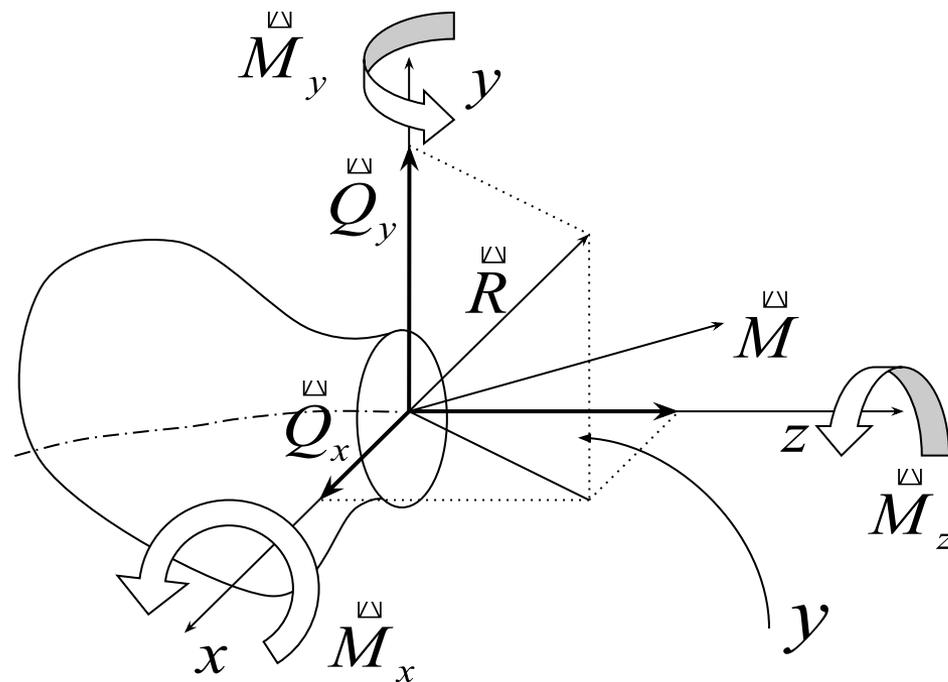
- разрезаем брус плоскостью, перпендикулярной его оси



- 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):

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

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

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