

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

§ 1.1. Предмет и задачи курса

Сопротивление материалов – наука об инженерных методах расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость наиболее типичных элементов конструкций. Данная дисциплина является частью обширной области наук, именуемой *механикой деформируемого твердого тела*.

Прочность – способность конструкции и её элементов не разрушаться под действием эксплуатационных нагрузок (в том числе экстремальных).

Жёсткость – способность конструкции сопротивляться упругим деформациям.

Устойчивость – способность конструкции (элемента) сохранять первоначальную форму упругого равновесия (мало отклоняться при эксплуатационных нагрузках).

§ 1.2. Классификация элементов конструкций

Все конструкции и их элементы при расчётах можно свести к трем типам.

1. Стержень или брус – тела, у которых два размера много меньше третьего (называемого длиной). Стержни бывают постоянного и переменного сечения, с прямой и криволинейной осью. Системы жестко скрепленных между собой стержней называют *рамами*; если стержни скреплены шарнирно, образуя при этом жесткую конструкцию – это *ферма*. Стержень, работающий на изгиб, иногда называют балкой; работающий на кручение – валом.
2. Оболочки и пластины – тела, у которых два размера много больше третьего (толщины). Пластинами являются, например, элементы обшивки судов, крышки и днища резервуаров. Оболочки, в отличие от пластин, обладают кривизной. Цилиндрические, сферические и конические оболочки являются конструктивными элементами различных резервуаров для перевозки и хранения жидкостей и газов.
3. Массивные тела — тела, у которых все три размера одного порядка. Такими элементами являются, например, бетонные фундаменты под тяжелые станки и испытательные машины.

В сопротивлении материалов главное внимание уделяется расчету стержней и стержневых систем (рам, ферм). Расчёт пластин, оболочек, массивных тел изучается в строительной механике и теории упругости.



§ 1.3. Типы опор

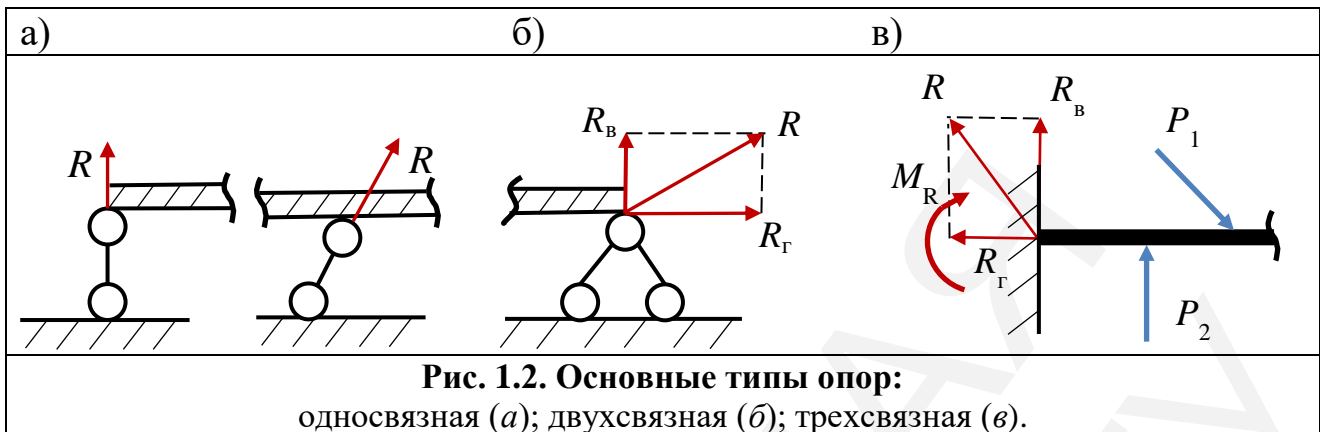
Как правило, элементы конструкций не свободны. На них действуют другие элементы конструкций, ограничивая их перемещения.

Пространственная деформируемая конструкция в каждой точке имеет 6 степеней свободы: три линейных и три угловых перемещения. Точки конструкции, деформирующейся в плоскости, имеют 3 степени свободы: два перемещения и один угол поворота. Любое ограничение степени свободы конструкции называют связью. На схемах связи условно обозначают опорами. Каждая опора полностью или частично ограничивает одну или более степень свободы. В рамках курса мы будем рассматривать следующие основные типы опор (рис. 1.2).

Шарнирно-подвижная опора (односвязная). Имеет одну реакцию.

Шарнирно-неподвижная опора (двухсвязная). Реакция раскладывается на две составляющие: горизонтальную и вертикальную.

Жесткая заделка (трехсвязная). Имеет три реакции: горизонтальную, вертикальную и реактивный момент.



§ 1.4. Классификация нагрузок

Нагрузки можно классифицировать по различным критериям и признакам. Ниже приведены несколько вариантов классификации.

1. По месту действия

1.1. Поверхностные – силы, приложенные по площадкам контакта разных тел (давление газа или жидкости в сосуде, снеговая, ветровая нагрузка, давление колеса на рельс, давление перекрестной связи в перекрытиях, сила веса различных предметов, расположенных на конструкции).

1.2. Объёмные – непрерывно распределенные по всему объёму конструкции (силы веса, инерции, магнитного взаимодействия).

2. По времени действия

2.1. Постоянные, действующие всё время службы конструкции.

2.2. Временные (прохождение поезда по мосту, вес снега в зимнее время).

3. По характеру действия (статические и динамические).

3.1. Статические – медленно изменяются или вовсе не изменяются во времени.

3.2. Динамические – удар, внезапно приложенная нагрузка.

4. По характеру возникновения

4.1. Активные (известные);

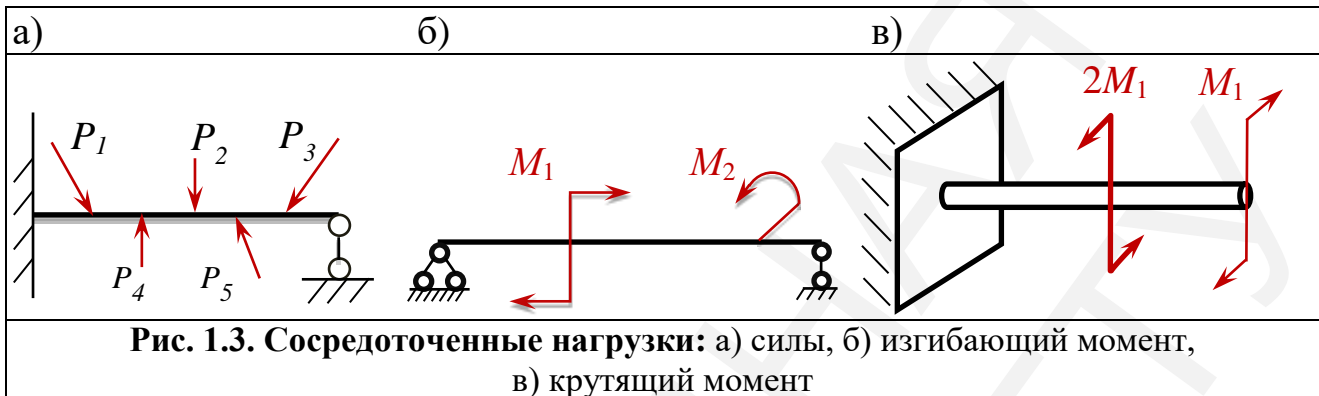
4.2. Реактивные – неизвестные, подлежащие определению (в том числе внутренние силы – силы, с которыми различные части тела действуют друг на друга).

В рамках нашего курса мы будем иметь дело, в первую очередь, со статическими поверхностными постоянными нагрузками.

Чуть подробнее о видах поверхностных нагрузок и их схематизации.

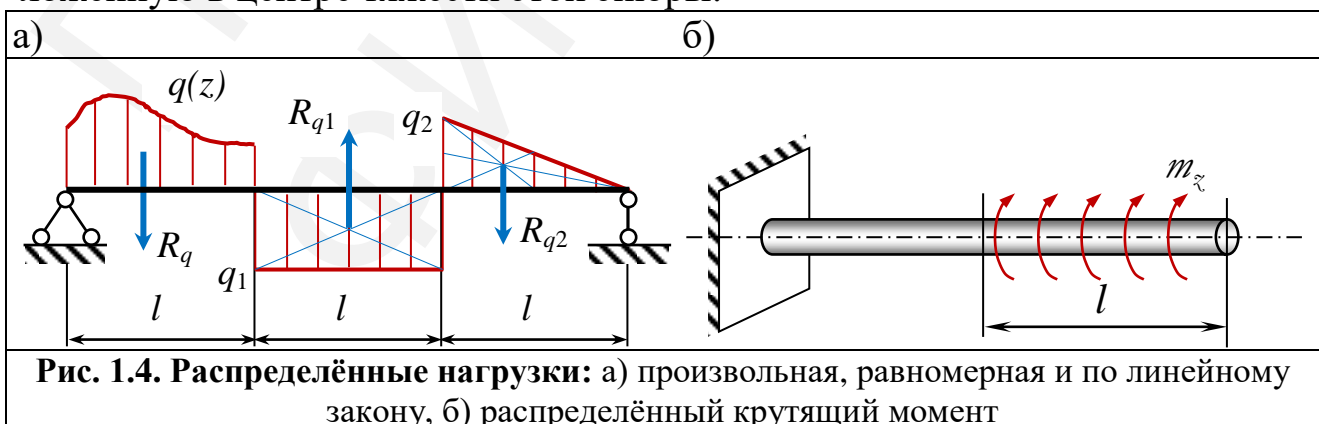
Сосредоточенные силы, моменты сил и моменты пар – участок приложения их мал по сравнению с размером конструкции, они считаются

приложенными в точке. Размерность силы – Н или кН, момента силы и момента пары сил – Н·м или кН·м. Моменты сил и пар для краткости называют просто *моментами*. На рис. 1.3 показаны сосредоточенные силы (а), сосредоточенные изгибающие (б) и скручивающие (в) моменты.



Распределённые нагрузки. При значительной протяженности участка приложения нагрузки, она учитывается как распределенная по этому участку. Нагрузка может быть распределена в общем случае произвольно, но часто встречается равномерное распределение (например, давление снега на балки перекрытия крыши здания, давление жидкости на плоское днище сосуда), или распределение по линейному закону (гидростатическое давление жидкости на стенки сосуда или внешнее давление воды на шпангоутные балки бортового набора судна). Распределенным может быть и момент (например, распределенному скручивающему моменту подвержено крыло самолёта в потоке воздуха). Схематизация таких нагрузок показана на рис. 1.4.

На участках вне приложения распределенной нагрузки, в соответствии с принципом Сен-Венана (рассмотрим чуть позже), характер её не имеет значения, и нагрузка учитывается через равнодействующую, равную площади или объёму (для нагрузок, распределенных по длине или площади соответственно) под графиком распределенной нагрузки и приложенную в центре тяжести этой эпюры.



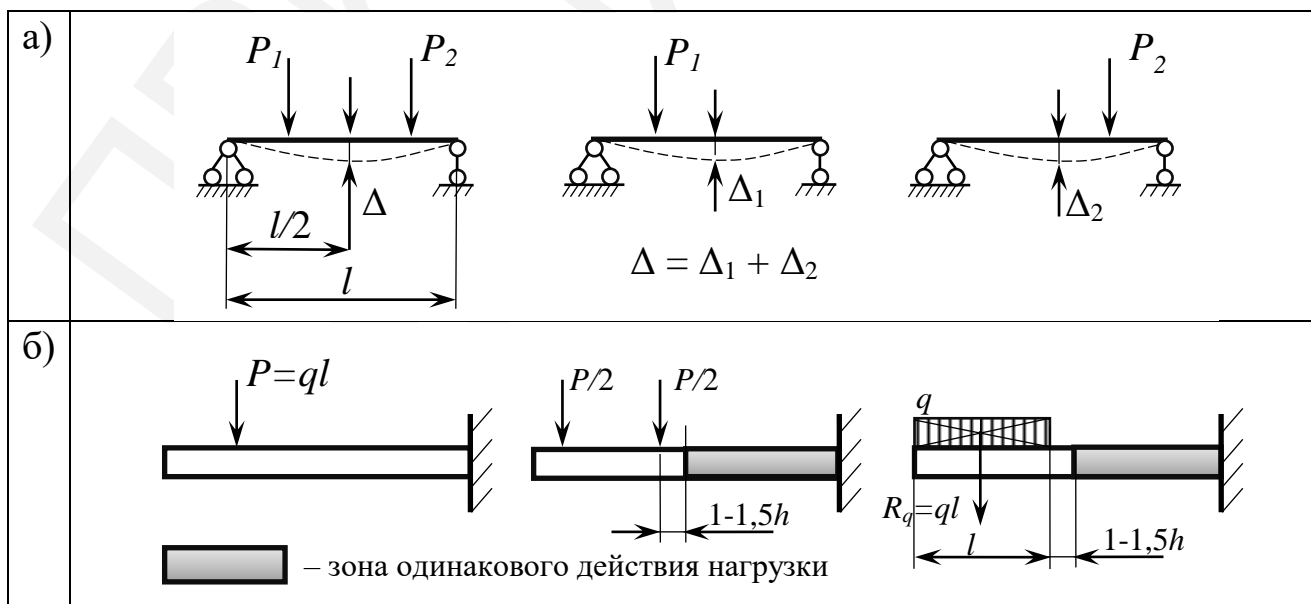
§ 1.5. Основные допущения о свойствах материалов

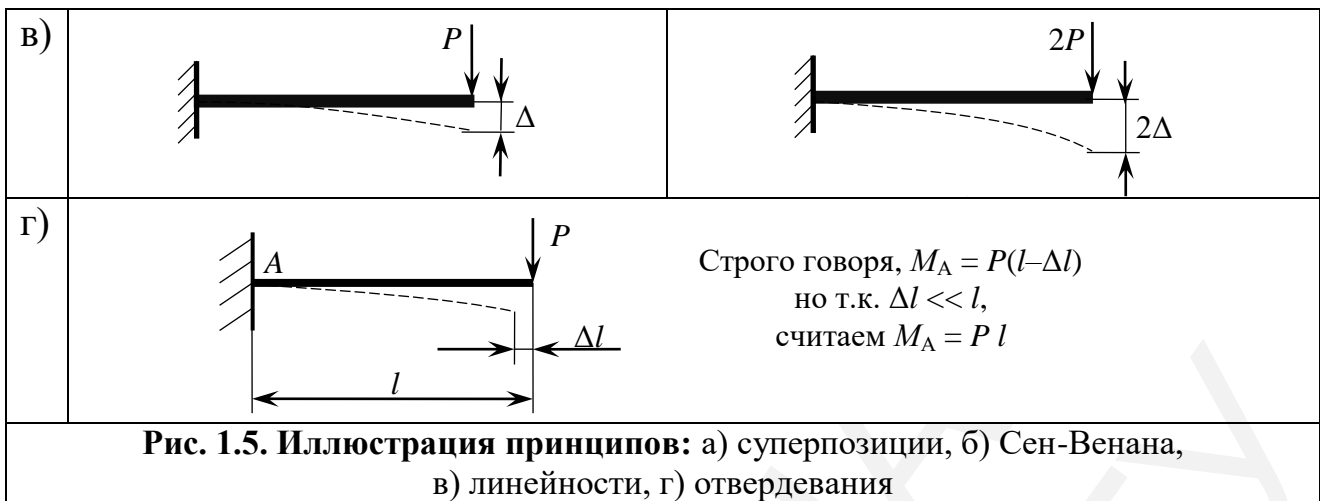
В механике деформируемого твердого тела приняты следующие гипотезы (допущения) о свойствах материалов. Если отдельно не оговорено иное, то материал считается

- 1) *однородным* – с одинаковыми свойствами в любых точках конструкции;
- 2) *сплошным* – заполняет весь объем конструкции, не оставляя пустот;
- 3) *изотропным* — с одинаковыми свойствами по всем направлениям;
- 4) *идеально упругим* — полностью восстанавливающим форму после снятия нагрузки.

§ 1.6. Основные принципы изучаемого курса

1. *Принцип суперпозиции (наложения)*. Результат действия на тело суммы сил равен сумме результатов от действия каждой силы в отдельности (рис. 1,5, а).
2. *Принцип Сен-Венана*. На достаточном удалении от места приложения нагрузки, эффект от её воздействия не зависит от способа приложения, а зависит от величины равнодействующей (рис. 1,5, б).
3. *Принцип линейности*. Деформации считаются малыми, при этом величина деформации пропорциональна приложенной нагрузке (рис. 1,5, в).
4. *Принцип неизменности начальных размеров (отвердевания)*. При составлении уравнений равновесия брус считается абсолютно твердым телом с неизменяемыми нагрузкой начальными размерами (рис. 1,5, г).





§ 1.7. Внутренние усилия. Метод сечений

В результате действия на тело системы внешних сил в материале тела возникают дополнительные усилия, которые при достижении определенных (предельных) величин, могут привести к разрушению конструкции. Поэтому определение этих внутренних сил является важной задачей расчетов на прочность. Для определения внутренних усилий используется метод сечений (метод РОЗУ):

1. Разрезаем мысленно тело плоскостью на 2 части в сечении (поперечное), где хотим определить внутренние усилия.
2. Отбрасываем одну из частей.
3. Заменяем действие отброшенной части внутренними силами, распределёнными по сечению, и приводим эти силы к равнодействующим: главному вектору и главному моменту сил, приложенным в центре тяжести сечения. Эти векторы затем для удобства раскладываем на компоненты в декартовой системе координат. Эти компоненты называются внутренними силовыми факторами (ВСФ).
4. Уравновешиваем внешние нагрузки, действующие на рассматриваемую часть, внутренними силовыми факторами.

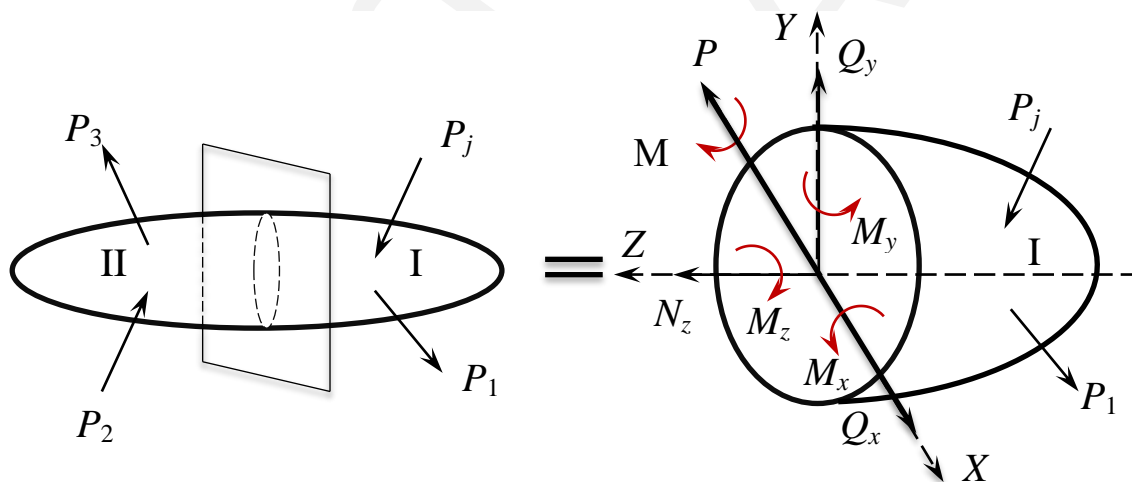


Рис. 1.6. Метод сечений

P , M – Главный вектор сил и главный момент – равнодействующие внутренних усилий, возникающих как результат действия отброшенной части II на рассматриваемую часть I.

N_z – нормальная (продольная) сила

Q (Q_x , Q_y) – поперечная (перерезывающая) сила

M_z – скручивающий (крутящий) момент

M_x, M_y – изгибающие моменты

ВСФ определяем из условий равновесия:

$$N_z = \sum P_j(z);$$

$$M_z = \sum m_z(P_j);$$

$$Q_x = \sum P_j(x);$$

$$M_x = \sum m_x(P_j);$$

$$Q_y = \sum P_j(y);$$

$$M_y = \sum m_y(P_j).$$

§ 1.8. Правила знаков внутренних усилий

1. Нормальная сила

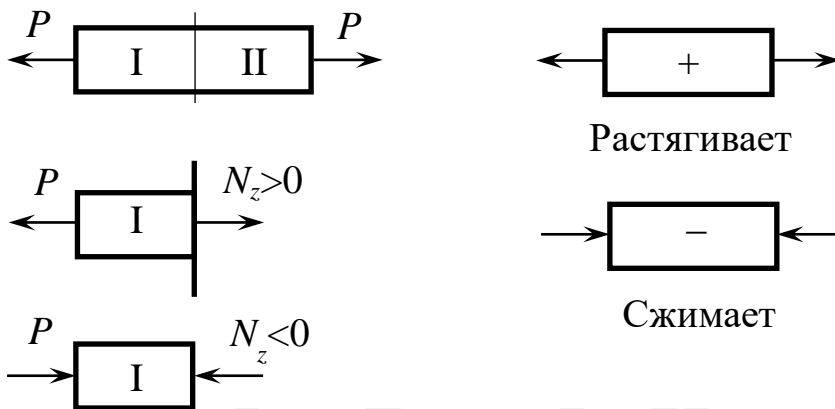


Рис. 1.7. Правило знаков для нормальной силы

Нормальная сила считается положительной, если она вызвана внешними силами, растягивающими брус.

2. Поперечная сила

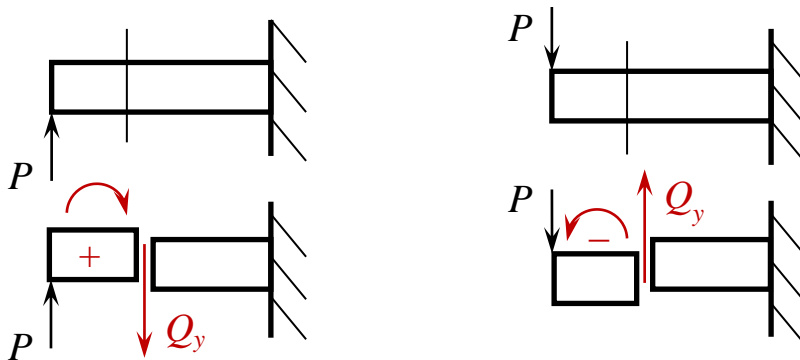


Рис. 1.8. Правило знаков для поперечной силы

Поперечная сила считается положительной, если она стремится повернуть рассматриваемую часть по часовой стрелке.

3. Крутящий момент

Крутящий момент в сечении считается положительным, если он вызван внешним крутящим моментом направленным против часовой стрелки при взгляде на неё со стороны сечения.

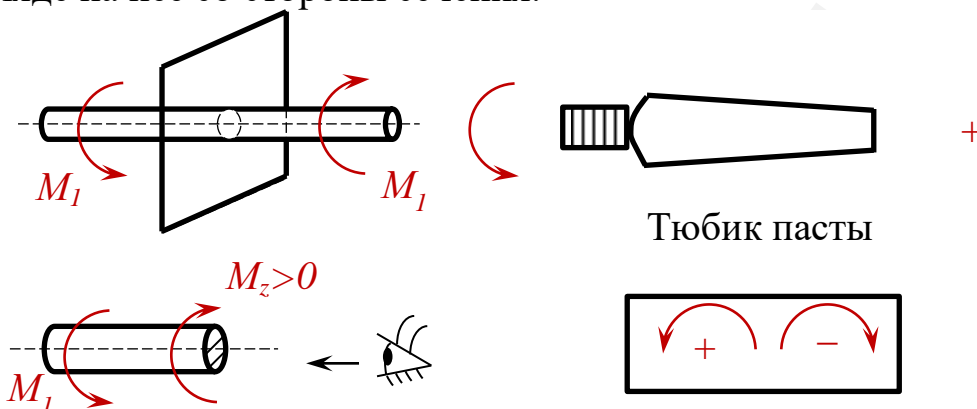


Рис. 1.9. Правило знаков для нормальной силы

4. Изгибающий момент в горизонтальной балке

Изгибающий момент в горизонтальной балке считается положительным, если он вызван внешними нагрузками, стремящимися изогнуть балку выпуклостью вниз (сжать верхнее волокно).

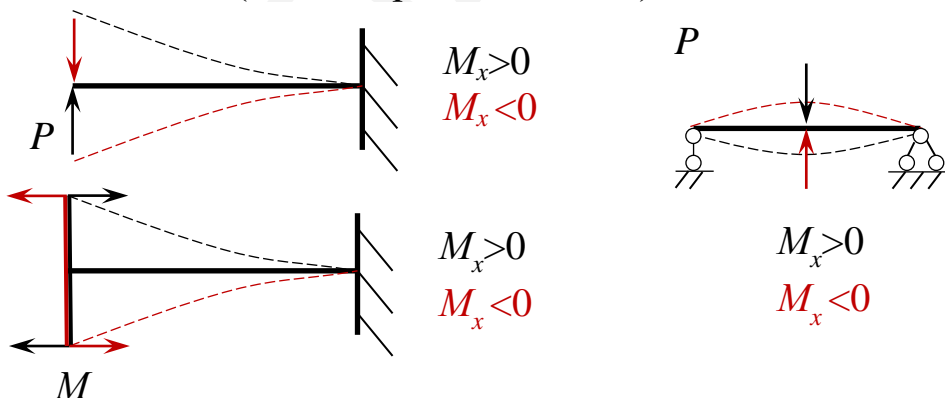


Рис. 1.10. Правило знаков для изгибающего момента

Для облегчения запоминания:

правило рюмочки



правило смайлика

