

1 Разделы классической механики

Механика – раздел физики, наука, изучающая движение материальных тел и взаимодействия между ними.

Кинематика с физической точки зрения изучает, как именно тело движется. Другими словами, этот раздел занимается количественными характеристиками движения. Найти скорость, путь – типичные задачи кинематики.

Динамика решает вопрос, почему оно движется именно так. То есть, рассматривает силы, действующие на тело.

Статика изучает равновесие тел под действием сил, то есть отвечает на вопрос: а почему оно вообще не падает?

Статикой называется раздел теоретической механики, в котором излагается общее учение о силах и изучаются условия равновесия тел, находящихся под действием сил.

Силой называется физическая величина, являющаяся мерой механического взаимодействия тел. Сила – величина векторная. Она характеризуется величиной (модулем), направлением и точкой приложения. Основной единицей измерения силы является Ньютон [Н].

В статике все тела считаются **абсолютно твёрдыми**, то есть под действием сил их форма и размеры остаются неизменными.

Совокупность сил, приложенных к телу, называется системой сил. Если все **силы лежат в одной плоскости**, то **такая система сил** называется **плоской**. Если **силы не лежат** в одной плоскости, то они образуют **пространственную систему сил**.

1.1 Аксиомы статики

В основе статики лежат некоторые основные положения (аксиомы), которые являются обобщением многовекового производственного опыта человечества и теоретических исследований.

Аксиома 1. Если на свободное абсолютно твёрдое тело действуют две силы, то тело может находиться в равновесии тогда и только тогда, когда эти силы равны по величине и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны, рисунок 1.1

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \text{ и } (\vec{F}_1, \vec{F}_2) \propto 0$$

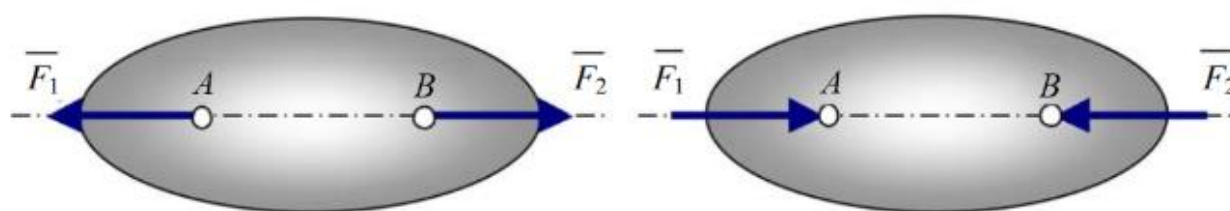


Рисунок 1.1 –

Аксиома 2. Действие данной системы сил на абсолютно твёрдое тело не изменится, если к ней прибавить или от неё отнять уравновешенную систему сил.

Следствие: действие силы на абсолютно твёрдое тело не изменится, если перенести точку приложения силы вдоль её линии действия в любую другую точку тела.

Пусть на тело действует приложенная в точке A сила $\vec{F}$. Выберем на линии действия этой силы произвольную точку B , и приложим к ней уравновешенные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, причём $\vec{F}_1 = \vec{F}$, $\vec{F}_2 = -\vec{F}$. Так как силы $\vec{F}_2$ и $\vec{F}$ образуют уравновешенную систему сил, то согласно второй аксиоме статики их можно отбросить. В результате на тело будет действовать только одна сила $\vec{F}_1$, равная $\vec{F}$, но приложенная в точке B , рисунок 1.2

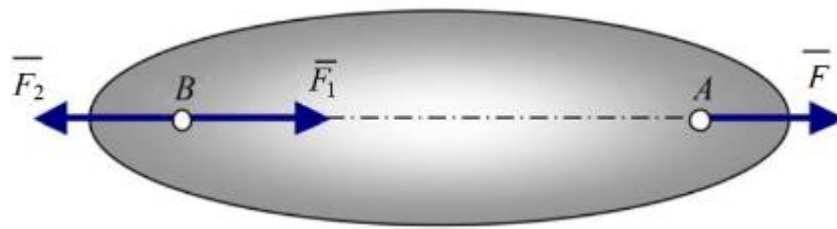


Рисунок 1.2 –

Аксиома 3. Две силы, приложенные к твёрдому телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке и изображаемую диагональю параллелограмма, построенного на этих силах как на сторонах.

Вектор $\vec{R}$, равный диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, называется геометрической суммой векторов $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, рисунок 1.3

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$$

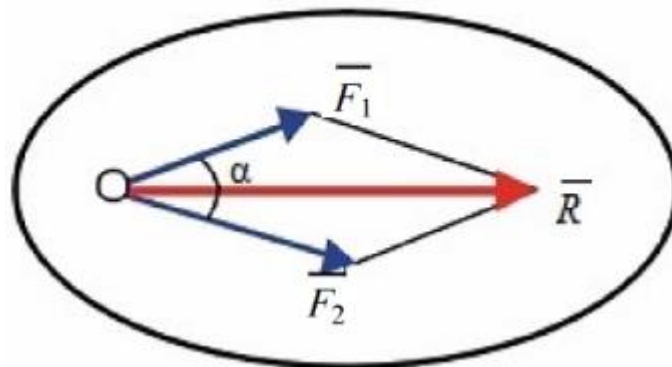


Рисунок 1.3 –

Аксиома 4. Закон равенства действия и противодействия.

При всяком действии одного тела на другое имеет место такое же по величине, но противоположное по направлению противодействие, рисунок 1.4

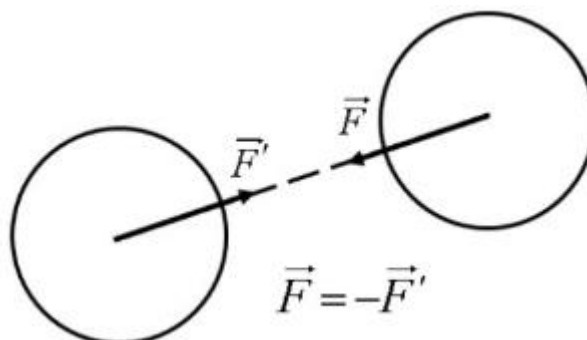


Рисунок 1.4 –

Аксиома 5. Принцип отвердевания.

Равновесие изменяемого (деформируемого) тела, находящегося под действием данной системы сил, не нарушится, если тело считать отвердевшим, т.е. абсолютно твёрдым.

2 Реакции опор. Стержни, шарниры и заделки

2.1 Связи и реакции

Связями называются любые ограничения, препятствующие перемещению тела в пространстве.

Тело, стремясь под действием приложенных сил осуществить перемещение, которому препятствует связь, будет действовать на нее с некоторой силой, называемой силой давления на связь. По закону о равенстве действия и противодействия, связь будет действовать на тело с такой же по модулю, но противоположно направленной силой.

Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя тем или иным перемещениям, называется силой реакции (реакцией) связи.

Одним из основных положений механики является принцип освобожденности от связей: всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи и заменить их действие реакциями связей. Реакция связи направлена в сторону, противоположную той, куда связь не дает перемещаться телу.

На плоскости возможны только 3 направления перемещения: линейные вдоль оси X и Y и вращение относительно оси Z , рисунок 2.1.

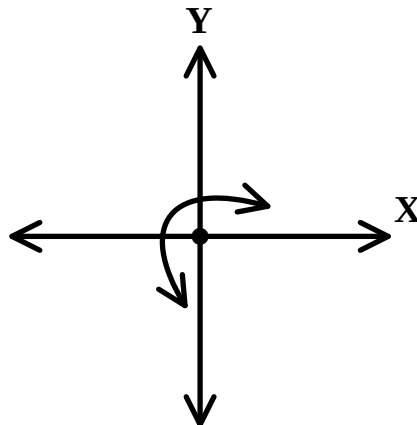


Рисунок 2.1 –

Поэтому, в двумерных системах, каждая связь может давать не более 3-х реакций.

Реакции могут появляться только по тем направлениям, в которых перемещение невозможно.

2.2 Реакции в стержнях

В стержнях, которые с помощью шарниров соединяют какие-либо элементы с опорами, реакции направлены вдоль самих стержней, но в отличие от нити, здесь может быть одно из двух направлений – растягивающая стержень или сжимающая, рисунок 2.2.

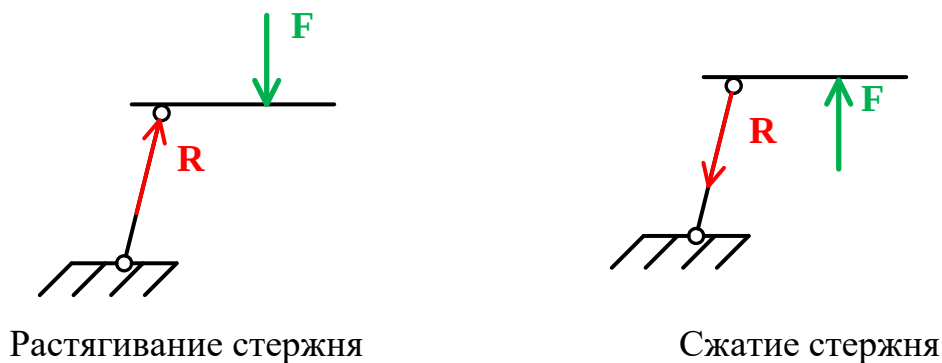


Рисунок 2.2 –

2.3 Реакции в шарнирных опорах

2.3.1 Шарнирно-неподвижная опора (ШНО)

Позволяет балке поворачиваться вокруг оси шарнира, но исключает любые линейные перемещения.

В такой опоре могут возникать только **2 реакции**, рисунок 2.3.

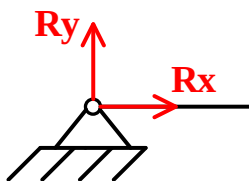


Рисунок 2.3 –

Они являются осевыми проекциями полной реакции связи, рисунок 2.4.

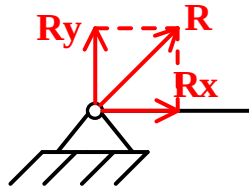


Рисунок 2.4 –

Результирующая реакция может быть определена по следующей формуле (1).

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1)$$

Для этой опоры известна только точка приложения реакции (находится в центре шарнира). Модуль и направление её заранее неизвестны.

2.3.2 Шарнирно-подвижная опора (ШПО)

Даёт возможность балке совершать линейные перемещения, а также вращаться вокруг оси шарнира.

В такой опоре может возникнуть только **1 реакция**, которая будет направлена перпендикулярно опорной плоскости и неизвестна по модулю, рисунок 2.5.

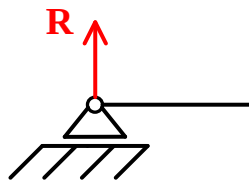


Рисунок 2.5 –

2.4 Реакции в заделках

2.4.1 Заделка

При заделке исключены любые перемещения балки. Поэтому при заделке возникают **3 реакции**, рисунок 2.6.

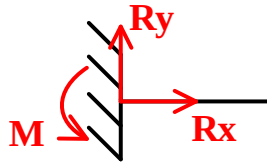


Рисунок 2.6 –

2.4.2 Скользящая заделка

Допускает линейное перемещение вдоль одной из осей. В скользящей заделке возникают только **2 реакции**, рисунок 2.7.

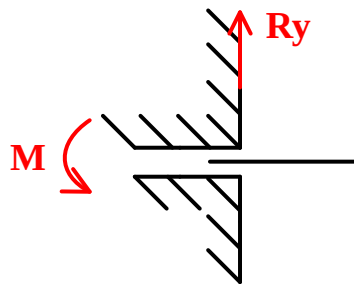


Рисунок 2.7 –

2.4.3 Бискользящая заделка

Исключается только угловое перемещение, т.е. перемещения балки могут происходить по осям X и Y . В Бискользящей заделке может возникать только **1 реакция**, рисунок 2.8.

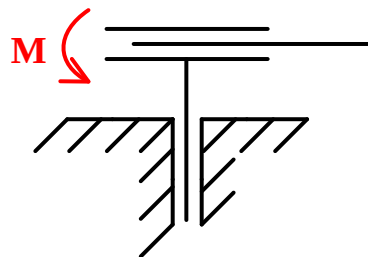


Рисунок 2.8 –

3 Виды нагрузок

3.1 Сосредоточенные силы

Предполагается, что нагрузка сосредоточена в точке, хотя приложить силу в точке невозможно, рисунок 3.1.

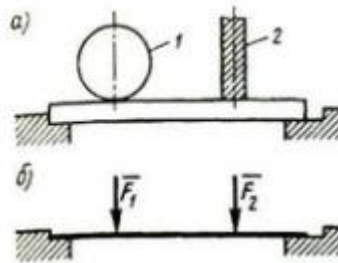


Рисунок 3.1 –

3.2 Равномерно распределённая нагрузка

Сила давления воды на плотину, сила давления снега на крышу и т.д. Заменяют равнодействующей сосредоточенной силой Q (2), приложенной посередине длины L и направленной в сторону действия интенсивности q , рисунок 3.2.

$$Q = q \cdot L. \quad (2)$$

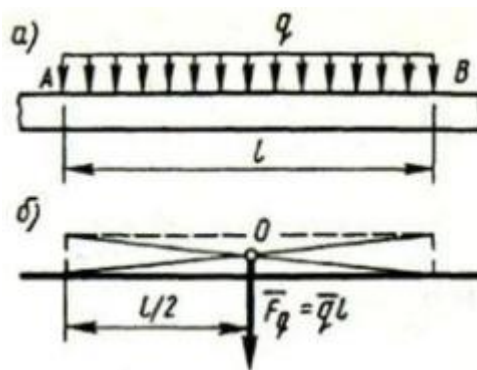
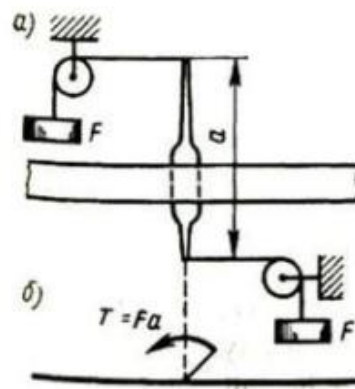


Рисунок 3.2 –

3.3 Пара сил (Момент)

Действие пары сил на балку измеряется, как известно, её моментом $M = F \cdot a$, который условно изображают круговой стрелкой, рисунок 3.3 –.



3.3 –

4 Уравнения равновесия

Уравнения равновесия могут быть составлены в виде одной из трёх форм, рисунок 3.3.

$\begin{aligned}\sum X_i &= 0; \\ \sum Y_i &= 0; \\ \sum M_{iA} &= 0\end{aligned}$	$\begin{aligned}\sum X_i &= 0; \\ \sum M_{iB} &= 0; \\ \sum M_{iA} &= 0\end{aligned}$	$\begin{aligned}\sum M_{iC} &= 0; \\ \sum M_{iB} &= 0; \\ \sum M_{iA} &= 0\end{aligned}$
--	---	--

4.1 –

Поскольку найденные опорные реакции участвуют в дальнейших расчетах (построение эпюр внутренних усилий, определение напряжений и перемещений) следует активно пользоваться этими формами уравнений так, чтобы в каждое из уравнений входила лишь **одна определяемая реакция**, чтобы исключить подстановку ранее найденных и не проверенных реакций. После независимого вычисления всех реакций **обязательно должна быть сделана проверка** составлением такого уравнения равновесия, в котором бы присутствовали все или большинство из найденных реакций.

Реакции определяют из уравнений статики. Если уравнений недостаточно для определения реакций – **система статически неопределима**.

5 Балочные системы

Объектом решения многих задач статики служат так называемые балки или балочные системы.

Балка – это конструктивная деталь какого-либо сооружения, выполняемая в большинстве случаев в виде бруса с опорами в двух (или более) точках и несет поперечные нагрузки.

5.1 Основные типы балок

Балки различаются способом закрепления:

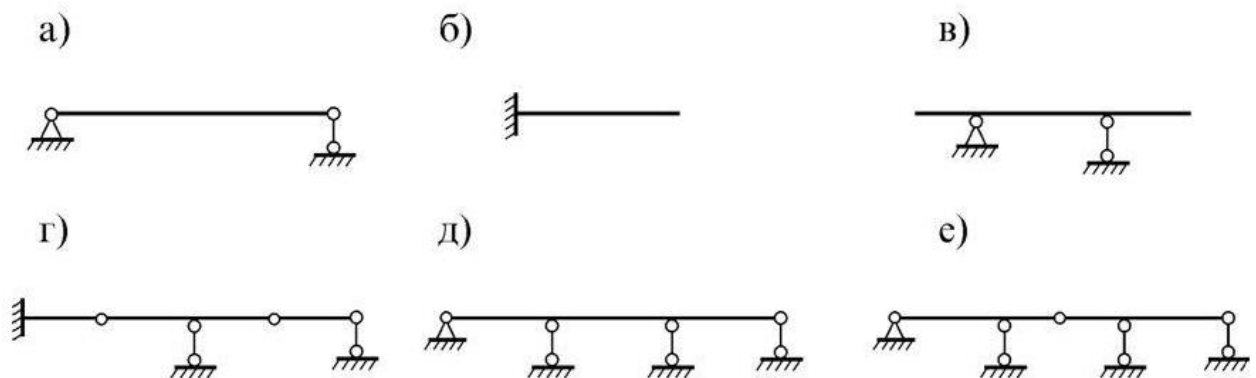
Консоль – один конец жестко зашце́млен, второй свободен. (б)

Простая (двух опорная) – по обоим концам шарнирные опоры. (а)

Консольная (двух опорная) – простая балка с консольными частями.

(в)

Составная балка – составленная из двух или более простых, консольных балок и консолей. (разрезная – г, неразрезная – д, составная – е)



5.1 –