

http://лена24.рф/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_10_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/index.html (по сайту не переходите, а копируете и вставляете в адрес)

В рабочую тетрадь восстановить конспект

Тема: Необходимые и достаточные условия равновесия абсолютно твердого тела

Мы с вами уже долгое время изучаем различные взаимодействия тел, основным признаком которых является появление у тел ускорений. Но бывают случаи, когда нам **необходимо знать, при каких условиях тело, на которое действуют несколько сил одновременно, движется прямолинейно и равномерно или же находится в состоянии покоя.** Конечно же, в последнем случае мы всегда можем выбрать другую инерциальную систему отсчёта, в которой тело будет покоиться. В этом случае говорят, что тело находится в равновесии. Поэтому **в дальнейшем мы с вами будем изучать необходимые и достаточные условия равновесия покоящихся тел. Задача эта имеет огромное практическое значение для машиностроения, строительного дела и других областей техники.**

В механике очень часто необходимо знать, в каких случаях тело может сколь угодно долго оставаться в равновесии, если оно находилось в покое в начальный момент времени. Конечно же, должны выполняться условия равновесия, рассмотренные нами ранее. Однако не во всяком равновесии тело, находящееся в начальный момент времени в покое, будет покоиться и в последующие моменты времени. Ведь в реальных условиях оно испытывает и случайные не учитываемые нами воздействия.

Раздел механики, в котором изучают условия равновесия абсолютно твёрдых тел, называется статикой. Её главным отличием от кинематики и динамики является то, что в ней необходимо учитывать не только размеры и форму тел, но и точки приложения сил.

Условия равновесия:

Первое условие равновесия твердого тела:

Для равновесия твердого тела необходимо, чтобы сумма внешних сил, приложенных к телу, была равна нулю.

Второе условие равновесия твердого тела:

При равновесии твердого тела сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равно нулю.

Общее условие равновесия твердого тела:

Для равновесия твердого тела должны равняться нулю сумма внешних сил и сумма моментов сил, действующих на тело.



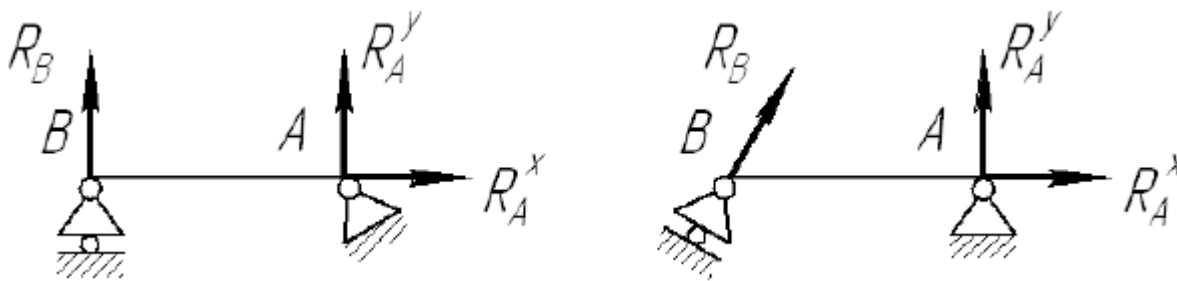
Первое условие равновесия тела является необходимым, но не является достаточным. Убедимся в этом. Для этого рассмотрим простой пример. Вот у нас есть деревянный брус. Что произойдёт, если мы к его концам приложим две равные по модулю, но противоположные по направлению силы? Правильно, он начнёт вращаться, несмотря на то, что геометрическая сумма действующих на него сил равна нулю. Точно так же две одинаковые по модулю и противоположно направленные силы поворачивают руль велосипеда или автомобиля.

Итак, **необходимые и достаточные условия равновесия твердых тел.**

1. **геометрическая сумма приложенных к телу сил должна быть равна нулю:**

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$$

2. **алгебраическая сумма моментов этих сил относительно любой оси должна быть равна нулю: $M = \pm F \cdot d$**

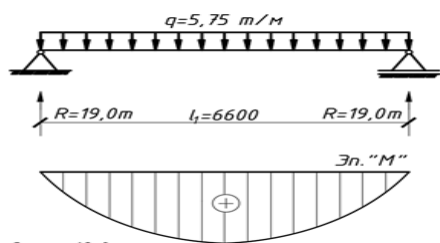


- **жесткая заделка**

Данную реакцию задают двумя составляющими, направленными перпендикулярно друг к другу и парой сил.



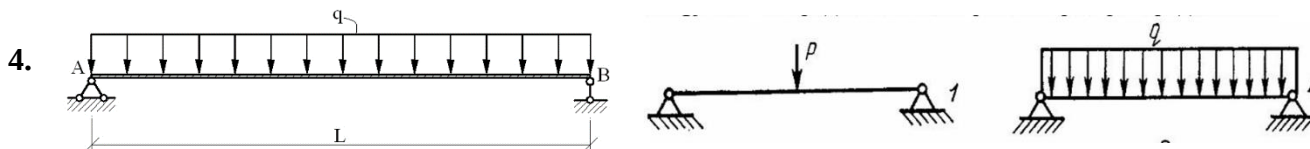
3. Равномерно распределенная нагрузка:



Из рисунка видно, что нагрузка увеличивается к середине балки, поэтому равномерно распределенная нагрузка заменяется реакцией и точка приложения всегда находится в середине.

q – интенсивность нагрузки, Н/м

$Q = q \cdot l$ – реакция связи равномерно распределённой нагрузки, Н



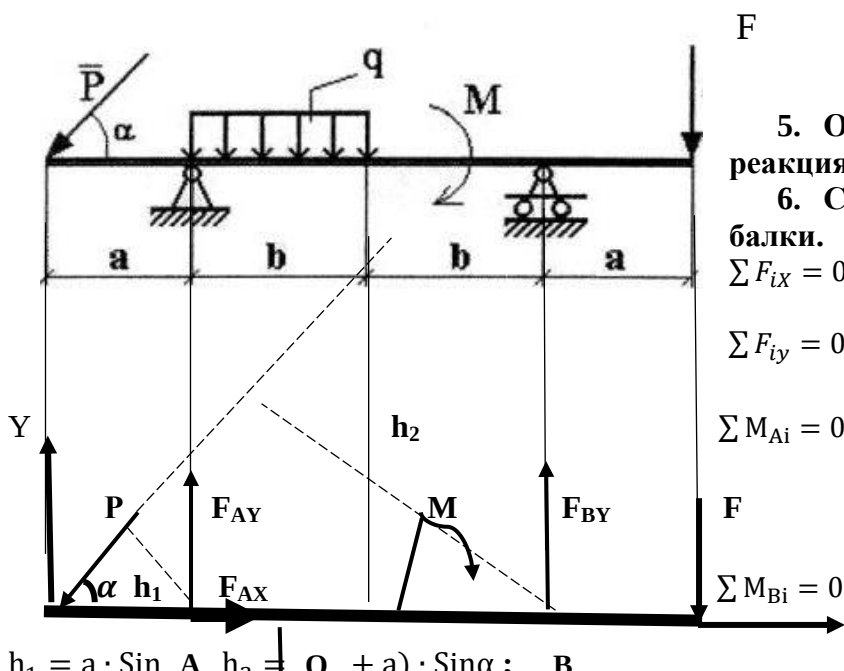
решения таких задач необходимо уметь составлять 4 уравнения равновесия твёрдого тела. Одно из них является проверкой правильности найденных величин.

4.1. Алгебраическая сумма проекции всех сил на координатные оси, действующих на тело равна нулю.

4.2. Алгебраическая сумма моментов этих сил относительно оси А или В должна быть равна нулю

Необходимые и достаточные уравнения, описывающие равновесие твёрдого тела.

$$\begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum F_{iy} = 0 \\ \sum M_{iA} = 0 \\ \sum M_{iB} = 0 \end{cases}$$



5. Освобождаемся от связей, заменяя их реакциями.

6. Составляем уравнения равновесия балки.

$$\sum F_{ix} = 0; -P \cdot \cos \alpha + F_{AX} = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{iy} = 0; -P \cdot \cos(90^\circ - \alpha) + F_{AY} - Q + F_{BY} - F = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_{Ai} = 0; P \cdot h_1 - Q \cdot \frac{b}{2} - M + F_{BY} \cdot 2b - F \cdot (2b + a) = 0$$

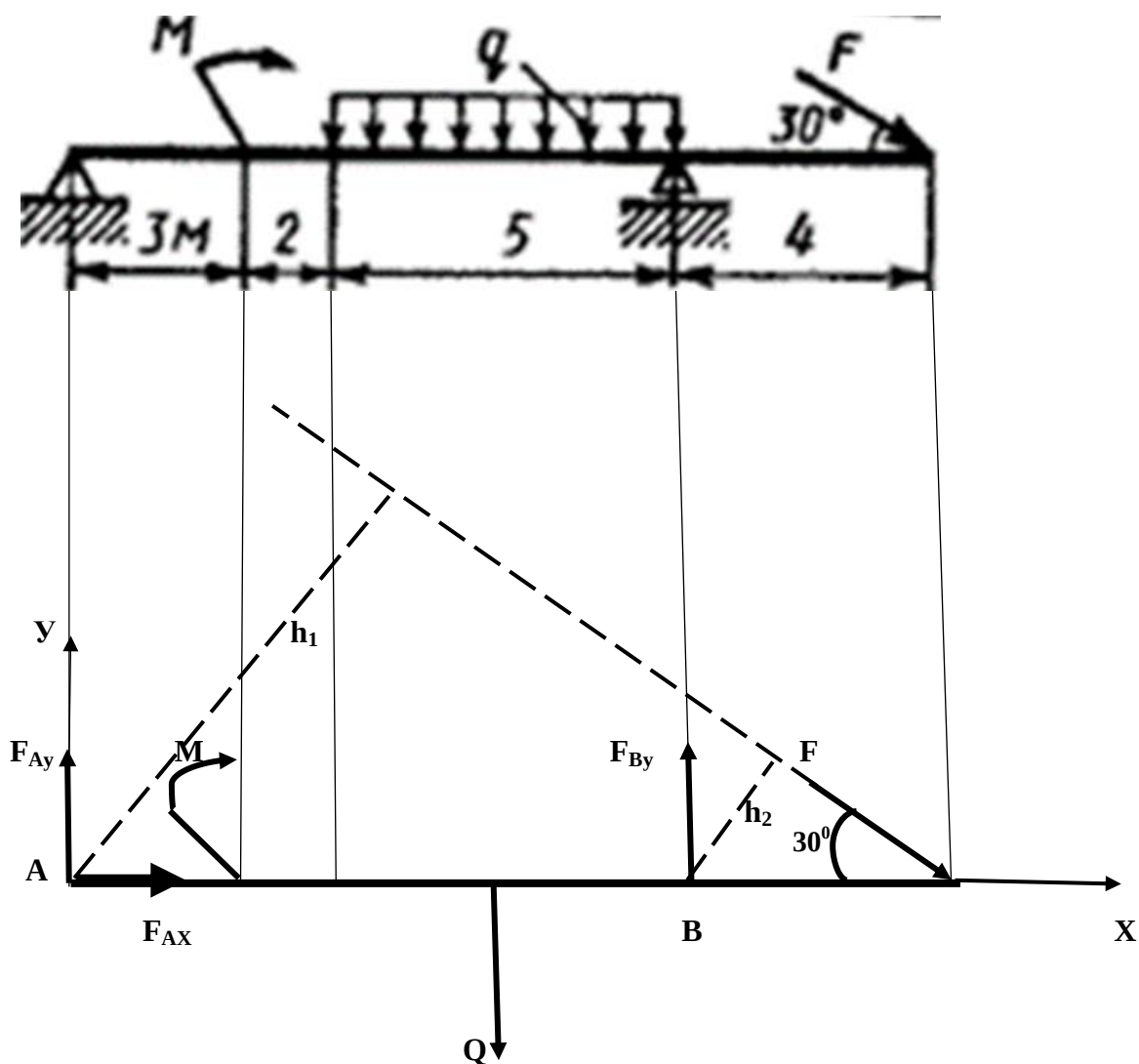
Проверка

$$\sum M_{Bi} = 0; P \cdot h_2 - F_{AY} \cdot 2b - M - F \cdot a = 0$$

$$h_1 = a \cdot \sin \alpha \quad h_2 = (Q + a) \cdot \sin \alpha; \quad B$$

Если при решении уравнения проверки $0=0$, то F_{BY} и F_{AY} найдены верно,

Если при решении уравнений какая-нибудь реакция получится отрицательной, то вектор имеет противоположное направление.



Составляем уравнение равновесия для балки относительно точки А и В:

$$\sum M_{Ai} = 0; -M - Q \cdot \left(\frac{5}{2} + 2 + 3\right) + F_{By} \cdot (5 + 2 + 3) - F \cdot h_1 = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_{Bi} = 0; -F_{Ay} \cdot (3 + 2 + 5) - M + Q \frac{5}{2} - F \cdot h_2 = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_{ix} = 0; F_{Ax} + F \cdot \cos 30^\circ = 0 \quad (3)$$

Из уравнения (3) находим:

$$F_{Ax} = -F \cdot \cos 30^\circ$$

Из уравнения (2) находим:

$$10F_{Ay} = -M + 2,5Q - F \cdot h_2; \quad F_{Ay} = \frac{-M + 2,5Q - F \cdot h_2}{10}$$

Из уравнения (1) находим:

$$10F_{By} = M + 7,5Q + F \cdot h_1; \quad F_{By} = \frac{M + 7,5Q + F \cdot h_1}{10}$$

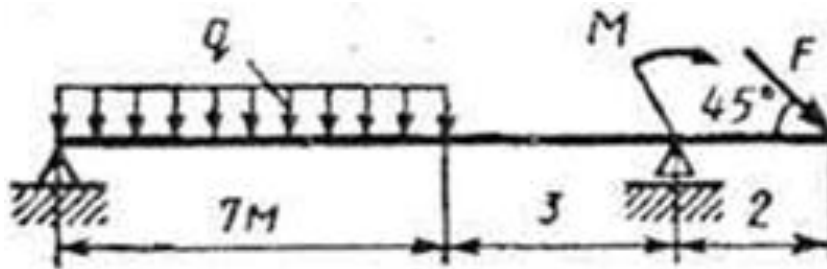
Проверка:

$$\sum F_{iy} = 0; F_{Ay} - Q + F_{By} - F \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$\text{Должно получиться:} \quad 0 = 0$$

Самостоятельно решить:

1)



2)

