

## Конспект урока: «Силы и моменты сил в технической механике»

*Преподаватель:*

Добрый день! На прошлом занятии мы отмечали, что раздел «Теоретическая механика» делится на три части – статику, кинематику и динамику.

Сегодня мы более подробно начнём изучение Статики. Кто скажет, что такое «Статика»?

*(Студенты отвечают на вопрос).*

Мы также изучали понятия материальной точки и абсолютно твёрдого тела.

Что называется материальной точкой? И что мы понимаем под абсолютно твёрдым телом?

*(Студенты отвечают на вопросы).*

*Преподаватель:*

Тема нашего сегодняшнего занятия:

**«Силы и моменты сил в технической механике».** *(Тема записывается на доске).* Как обычно, всё, что выводится на экран, надо записать в тетради.

**Сила** – количественная мера механического взаимодействия материальных тел. *(Определение выводится на экран).*

В Международной системе единиц (СИ) силу измеряют в ньютонах (Н), или килоньютонах (кН) в честь выдающегося английского учёного Исаака Ньютона.

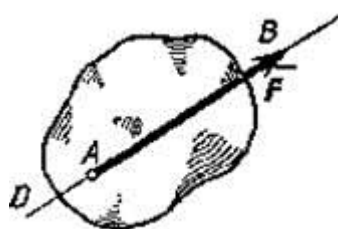
Сила является величиной векторной, т.е. имеет направление.

Действие силы на тело определяется:

- численной величиной (модулем силы),
- направлением силы,
- точкой приложения силы.

*(выводится на экран и рисуется схема твёрдого тела с приложенной к нему силой)*

Например, будем прикладывать к стулу одну и ту же по модулю силу  $F$ . При приложении силы сверху вниз стул остается в состоянии покоя; при положении силы снизу вверх - стул поднимается; изменим направление нагрузки, приложим силу горизонтально к спинке стула - стул опрокинется. Так как во всех случаях направление и место приложения силы различны, то и результат действия силы на стул разный, несмотря на то, что модуль силы  $F$  во всех случаях одинаков.



Силу, как и другие векторные величины, изображают в виде направленного отрезка со стрелкой на конце, указывающей его направление.

Прямая  $DB$ , вдоль которой направлена сила, называется **линией действия силы**.

Понятия «линия действия» и «направление» близки, но это не одно и то же. По линии действия сила может быть направлена в разные стороны.

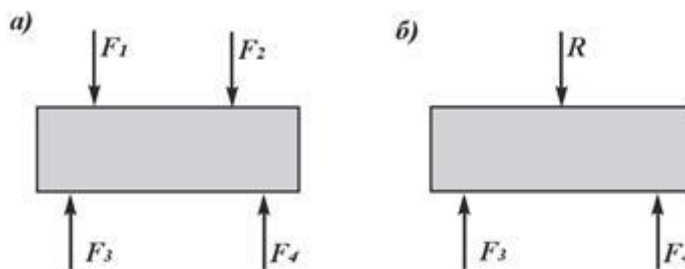
Предполагается, что действие силы на тело не изменится, если ее перенести по линии действия в любую точку тела. Поэтому вектор силы называют **скользящим вектором**. Если силу перенести в точку, не расположенную на этой линии, действие ее на тело будет совсем другим.

**Система сил** – совокупность сил, действующих на какое-нибудь твердое тело.

Тело, не скрепленное с другими телами, которому из данного положения можно сообщить любое перемещение в пространстве, называется **свободным**.

Если одну систему сил, действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния тела, то такие две системы сил называются **эквивалентными**.

Например, если системы сил, изображенных на рис. *a)* и *б)*, уравновешены, то эти две системы сил будут эквивалентны друг другу. (*Рисунки выполняются преподавателем на экране*),



Система сил:

*a* – заданная система сил; *б* – эквивалентная система сил

Система сил, под действием которой свободное твердое тело может находиться в покое, называется **уравновешенной или эквивалентной нулю**.

Если данная система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется равнодействующей данной системы сил. Таким образом, **равнодействующая** – это сила, которая одна заменяет действие системы сил на твердое тело. Так как система сил  $F_1$  и  $F_2$  эквивалентна одной силе  $R$ , то сила  $R$  называется равнодействующей данной системы сил.

**Уравновешивающая сила** – сила, равная равнодействующей по модулю, противоположная ей по направлению и действующая вдоль той же прямой. (*Определения кратко выводятся на экран*).

Силы, действующие на твердое тело, можно разделить на внешние и внутренние. **Внешними** называются силы, действующие на частицы данного тела со стороны других материальных тел. **Внутренними** называются силы, с которыми частицы данного тела действуют друг на друга.

Сила, приложенная к телу в какой-нибудь одной его точке, называется **сосредоточенной**. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются **распределенными**.

Понятие о сосредоточенной силе является условным, так как практически приложить силу к телу в одной точке нельзя. Силы, которые мы в механике рассматриваем как сосредоточенные, представляют собою по существу равнодействующие некоторых систем распределенных сил.

В частности, обычно рассматриваемая в механике сила тяжести, действующая на данное твердое тело, представляет собою равнодействующую сил тяжести его частиц. Линия действия этой равнодействующей проходит через точку, называемую **центром тяжести тела**. *(Вместе со студентами приводим примеры расположения центров тяжести различных фигур).*

### **Контрольные вопросы** *(выводятся преподавателем на экран)*

1. Дайте определение силы. В каких единицах измеряется сила?
2. Чем определяется действие силы на тело?
3. Что называется линией действия силы?
4. Что такое система сил?
5. Какая сила называется равнодействующей?
6. Что такое уравновешивающая сила?
7. Объясните понятие внешних и внутренних сил.
8. Чем отличаются сосредоточенная и распределенная силы?
9. Что такое центр тяжести тела?

*(Студенты отвечают на контрольные вопросы).*

*Перерыв 5 мин.*

*Преподаватель:*

На различные тела действуют не только силы. Также может действовать момент силы, называемый крутящим моментом. Поэтому наша следующая тема:

### **Момент силы. Пара сил.**

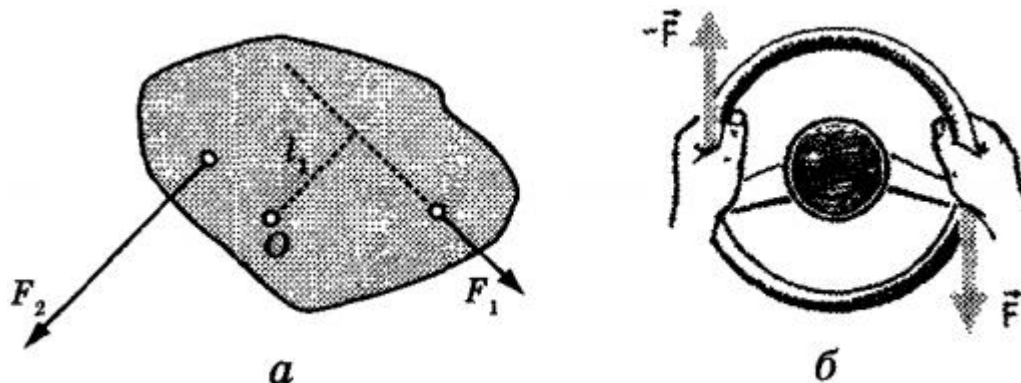
**Момент силы** относительно оси вращения - это физическая величина, которая равна произведению силы на ее плечо. Момент силы называют также крутящим моментом или вращающим моментом.

Момент силы вычисляют при помощи формулы:

$$M = Fl,$$

где  $F$  - сила,  $l$  — плечо силы. (Формула выводится на экран).

**Плечо силы** – это самое короткое расстояние от линии действия силы до оси вращения тела. На рисунке ниже изображено твердое тело, которое может вращаться вокруг оси. Ось вращения этого тела является перпендикулярной к плоскости рисунка и проходит через точку, которая обозначена буквой  $O$ . Плечом силы  $F_1$  здесь оказывается расстояние  $l$ , от оси вращения до линии действия силы. Определяют его так. Первым шагом проводят линию действия силы, далее из т.  $O$ , через которую проходит ось вращения тела, опускают на линию действия силы перпендикуляр. Длина этого перпендикуляра является плечом данной силы. (Схемы приводятся на экране).



Момент силы характеризует вращающее действие силы. Это действие зависит как от силы, так и от плеча. Чем больше плечо, тем меньшую силу необходимо приложить, чтобы получить желаемый результат, то есть один и тот же момент силы (см. рис. выше).

Теперь ответьте на вопросы (вопросы выводятся на экран):

- почему ручку двери делают не посередине двери?
  - каким гаечным ключом легче отвернуть гайку – коротким или длинным?
  - почему на грузовых машинах рулевое колесо большего диаметра, чем на легковых?
  - как мы поднимаем что либо тяжёлое с помощью лома, трубы или доски?
- (Студенты отвечают на вопросы и обсуждают их).

За единицу момента силы в системе СИ принимается момент силы в 1 Н, плечо которой равно 1 м — ньютон-метр (Н · м).

**Правило моментов.** Твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси, находится в равновесии, если момент силы  $M_1$  вращающей его по часовой стрелке, равняется моменту силы  $M_2$ , которая вращает его против часовой стрелки:

$$M_1 = -M_2 \text{ или } F_1 l_1 = -F_2 l_2$$

Момент силы принято считать положительным, если тело вращается по часовой стрелке, и отрицательным, если тело вращается против часовой стрелки.

Правило моментов есть следствие одной из теорем механики, которая была сформулирована французским ученым П. Вариньоном в 1687 г.

**Пара сил.** Если на тело действуют две равные и противоположно направленные силы, которые не лежат на одной прямой, то такое тело не находится в равновесии, так как результирующий момент этих сил относительно любой оси не равняется нулю, так как обе силы имеют моменты, направленные в одну сторону. Две такие силы, одновременно действующие на тело, называют **парой сил**. Если тело закреплено на оси, то под действием пары сил оно будет вращаться.

Если пара сил приложена к свободному телу, то оно будет вращаться вокруг оси, проходящей через центр тяжести тела. Например, при вращении руля автомобиля двумя руками мы прикладываем к рулю пару сил, которая заставляет руль поворачиваться относительно его центрального крепления к рулевой колонке.

Момент пары сил одинаков относительно любой оси, перпендикулярной к плоскости пары. Суммарный момент  $M$  пары всегда равен произведению одной из сил  $F$  на расстояние  $l$  между силами, которое называется **плечом пары**:

$$M = Fl_1 + Fl_2 = F(l_1 + l_2) = Fl$$

(Формула и определения выводятся на экран). Момент нескольких сил, равнодействующая которых равна нулю, будет одинаковым относительно всех осей, параллельных друг другу, поэтому действие всех этих сил на тело можно заменить действием одной пары сил с тем же моментом.

### **Свойства пар сил.**

1. Проекция пары на любую ось равна 0. (Это следует из определения пары сил).
2. Пару можно перемещать в пределах тела по плоскости действия и переносить в любую другую параллельную плоскость.

Действительно, как бы не располагалась пара сил в теле и как бы она не была повернута в своей плоскости, действие её на тело будет одинаково. Например, если мы будем поворачивать руль автомобиля, держась за него слева и справа, или сверху и снизу, поворот руля от этого не изменится.

3. Действие пары на тело не изменится, если изменять силы и плечо пары, но так, чтобы момент пары оставался прежним.

То есть, например, действие силы на гайку не изменится, если мы будем крутить её коротким ключом с большей силой, или длинным ключом с меньшей силой. Во втором случае легче будет нам, а усилие на гайке не изменится.

Из свойств пар можно сделать вывод, что пары с одинаковым направлением момента, неважно где расположенные на теле, оказывают на него равное действие. Такие пары называют эквивалентными.

Для закрепления материала предлагается ответить на следующие **контрольные вопросы** (выводятся преподавателем на экран):

1. Что такое момент силы?
2. В чём заключается правило моментов?
3. Какие силы называют парой?
4. Перечислите свойства пар сил.
5. Какие пары называются эквивалентными?
2. Используя материал этой и предыдущих лекций, сформулируйте условия равновесия любого тела.

*(Студенты отвечают на вопросы и обсуждают изученный материал).*

*Преподаватель подводит итог урока, даёт оценку деятельности студентов.*

Итак, сегодня мы познакомились с определением силы, свойствам сил и понятием крутящего момента в технической механике. На этом наше сегодняшнее занятие закончено.