

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ивановский государственный химико-технологический
университет

Т.Ю. Степанова

Механика

Учебное пособие

Под редакцией Б.Р.Киселева

Иваново 2007

УДК 621.8

Степанова, Т.Ю. Механика: учебное пособие/Т.Ю.Степанова;
под ред. Б.Р.Киселева; Иван.гос.хим.-технол. ун-т - Иваново,
2007 – 167 с. - ISBN-5-9616-0239-7.

Учебное пособие содержит основные сведения по статике, по сопротивлению материалов, о различных видах передач, деталях машин, задачи и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов специальности «Технология художественной обработки металлов». Табл. 2. Ил. 105, Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты: кафедра «механики и инженерной графики» Ивановского института ГПС МЧС России;

кандидат технических наук Н.А.Можин (Ивановская государственная текстильная академия).

ISBN-5-9616-0239-7.

©ГОУВПО Ивановский
государственный
химико-технологический
университет, 2007

Предисловие

Учебное пособие предназначено для студентов специальности «Технология художественной обработки металлов», изучающих курс механики.

Настоящее пособие состоит из трех частей. В первой части «Статика» приведен материал по статике твердого тела. Вторая часть «Основные сведения о сопротивлении материалов» знакомит студентов-технологов с сопротивлением конструкционных материалов действию статических и динамических нагрузок. Рассматриваются различные виды деформаций и напряжений, возникающих в конструкциях. Третья часть пособия «Детали машин» содержит материал о назначении и конструктивных особенностях наиболее распространенных типовых деталей машин и их соединений.

В каждой части пособия приведены типовые задачи и контрольные вопросы.

ЧАСТЬ I СТАТИКА

1.1. АБСОЛЮТНО ТВЕРДОЕ ТЕЛО, СИЛА. ЗАДАЧИ СТАТИКИ

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

Под равновесием будем понимать состояние покоя тела по отношению к другим телам, например по отношению к земле. В курсе механики рассматриваются обычно только задачи о равновесии твердых тел.

Все встречающиеся в природе твердые тела под влиянием внешних воздействий в той или иной мере изменяют свою форму (деформируются). Величины этих деформаций зависят от материальных тел, их геометрической формы и размеров и от действующих нагрузок. Для обеспечения прочности различных инженерных сооружений и конструкций материал и размеры их частей подбирают так, чтобы деформации при действующих нагрузках были достаточно малы. Вследствие этого при изучении условий равновесия вполне допустимо пренебрегать малыми деформациями соответствующих твердых тел и рассматривать их как недеформируемые или абсолютно твердые. ***Абсолютно твердым телом*** называют такое тело, расстояние между любыми двумя точками которого всегда остается постоянным. При решении задач статики все тела рассматриваются как абсолютно твердые, хотя часто для краткости их называют просто твердыми телами.

Состояние равновесия данного тела зависит от характера его механических взаимодействий с другими

телами, т.е. от тех давлений, притяжений или отталкиваний, которые тело испытывает в результате этих взаимодействий. Величина, являющаяся основной мерой механического взаимодействия материальных тел, называется в механике **силой**.

Сила – величина векторная. Ее действие на тело определяется: 1) **числовым значением** или **модулем** силы, 2) **направлением** силы, 3) **точкой приложения** силы.

Модуль силы находят путем ее сравнения с силой, принятой за единицу. Основной единицей измерения силы в Международной системе единиц (СИ), является 1 ньютон (1Н); применяется и более крупная единица 1 килоньютон (1 кН=1000 Н).

Силу, как и все другие векторные величины, будем обозначать буквой с чертой над нею (например, \vec{F}), а модуль силы – символом $|F|$ или той же буквой, но без черты над нею (F). Графически сила, как и другие векторы, изображается направленным отрезком (рис. 1.1). Длина этого отрезка выражает в выбранном масштабе модуль силы, направление отрезка соответствует направлению силы, точка A на рис. 1.1 является точкой приложения силы.

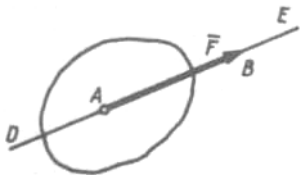


Рис.1.1. Графическое изображение силы

Прямая DE, вдоль которой направлена сила, называется линией действия силы. Условимся еще о следующих определениях.

1. *Системой сил* будем называть совокупность сил, действующих на рассматриваемое тело (или тела). Если линии действия всех сил лежат в одной плоскости, система сил называется **плоской**, а если эти линии действия не лежат в одной плоскости, - **пространственной**. Кроме того, силы, линии действия которых пересекаются в одной точке, называются **сходящимися**, а силы, линии действия которых параллельны друг другу, - **параллельными**.
2. Тело, которому из данного положения можно сообщить любое перемещение в пространстве, называется **свободным**.
3. Если одну систему сил, действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело, то такие две системы сил называются **эквивалентными**.
4. Система сил, под действием которой свободное тело может находиться в покое, называется **уравновешенной** или **эквивалентной нулю**.
5. Если данная система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

Сила, равная равнодействующей по модулю, прямо противоположная ей по направлению и действующая вдоль той же прямой, называется **уравновешивающей** силой.

6. Силы, действующие на данное тело (или систему тел), можно разделить на внешние и внутренние. **Внешними** называются силы, которые действуют на это тело (или тела системы) со стороны других тел, а **внутренними** — силы, с которыми части данного тела (или тела данной системы) действуют друг на друга.

7. 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 в механике рассматривают как сосредоточенные, представляют собой по существу равнодействующие некоторых систем распределенных сил.

Задачами статики являются: 1) преобразование систем сил, действующих на твердое тело, в системы им эквивалентные, в частности приведение данной системы сил к простейшему виду; 2) определение условий равновесия систем сил, действующих на твердое тело.

Решать задачи статики можно или путем соответствующих геометрических построений (геометрический и графический методы), или с помощью численных расчетов (аналитический метод). При решении задач статики применяется аналитический метод, однако следует иметь в виду, что наглядные геометрические построения играют при решении задач механики чрезвычайно важную роль.

1.2. АКСИОМЫ СТАТИКИ

Аксиомы статики, по существу являются не независимыми аксиомами, а следствиями тех же основных законов механики (или аксиомы), их можно сформулировать следующим образом.

1. Если на свободное абсолютно твердое тело действуют две силы, то тело может находиться в

равновесии тогда и только тогда, когда эти силы равны по модулю ($F_1=F_2$) и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны (рис. 1.2).

2. Действие данной системы сил на абсолютно твердое тело не изменяется, если к ней прибавить или от нее отнять уравновешенную систему сил.

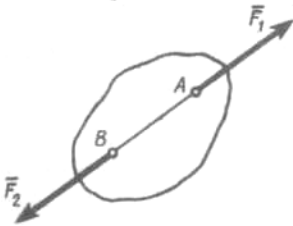


Рис.1.2. Действие двух сил на свободное абсолютно твердое тело

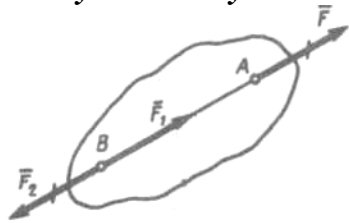


Рис.1.3. Перенос точки приложения силы вдоль линии действия

Иными словами это означает, что две системы сил, отличающиеся на уравновешенную систему, эквивалентны друг другу.

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

В самом деле, пусть на твердое тело действует приложенная в точке А сила \vec{F} (рис. 1.3). Возьмем на линии действия этой силы произвольную точку В и приложим в ней две уравновешенные силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 такие, что $\vec{F}_1 = \vec{F}$ и $\vec{F}_2 = -\vec{F}$. От этого действие силы \vec{F} на тело не изменится. Но силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 также образуют уравновешенную систему, которая может быть отброшена. В результате на тело будет действовать

только одна сила \vec{F}_1 , равная \vec{F} , но приложенная в точке В.

Таким образом, вектор, изображающий силу \vec{F} , можно считать приложенным в любой точке на линии действия силы (такой вектор называется *скользящим*).

Полученный результат справедлив только для сил, действующих на абсолютно твердое тело. При инженерных расчетах им можно пользоваться лишь тогда, когда определяются условия равновесия той или иной конструкции и не рассматриваются возникшие в ее частях внутренние усилия.

Например, изображенный на рис. 1.4, а стержень АВ будет находиться в равновесии, если $F_1 = F_2$. При переносе точек приложения обеих сил в какую-нибудь точку С стержня (рис. 1.4, б) или при переносе точки приложения силы \vec{F}_1 в точку В, а силы \vec{F}_2 в точку А (рис. 1.4, в) равновесие не нарушается. Однако



Рис. 1.4. Действие сил на стержень

внутренние усилия будут в каждом из рассматриваемых случаев разными. В первом случае стержень под действием приложенных сил растягивается, во втором случае он напряжен, а в третьем стержень будет сжат.

Следовательно, при определении внутренних усилий переносить точку приложения силы вдоль линии действия нельзя.

Еще два исходных положения относятся к общим законам механики.

Закон параллелограмма сил: *две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке и изображаемую диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на сторонах.*

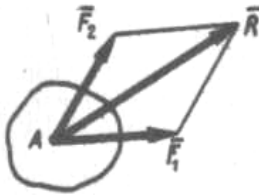


Рис. 1.5. Сложение сил в плоскости

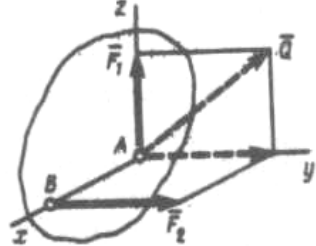


Рис. 1.6. Сложение сил в пространстве

Вектор \vec{R} , равный диагонали параллелограмма, построенного на векторах \vec{F}_1 и \vec{F}_2 (рис. 1.5), называется **геометрической суммой векторов \vec{F}_1 и \vec{F}_2** :

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

Следовательно, закон параллелограмма сил можно еще сформулировать так: **две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, равную геометрической**