

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра: «Машины и оборудование пищевой промышленности – основы механики»

# РЕФЕРАТИВНАЯ РАБОТА

по предмету «Прикладная механика»

НА ТЕМУ: **Кручение валов**

Подготовил Адилова К.

Группа 33-11

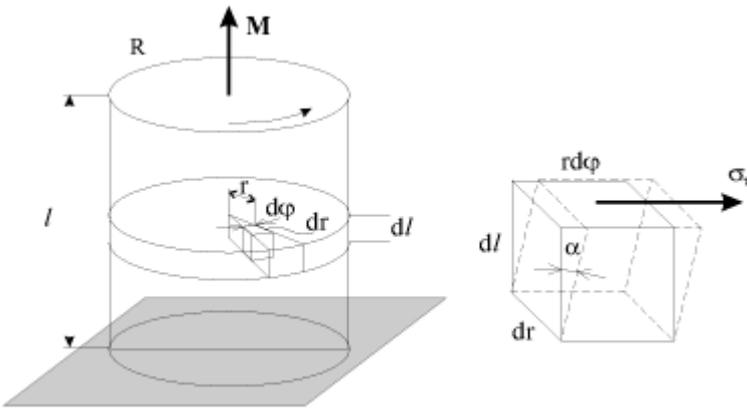
Принял асс. Нейматов Э.Х.

## Кручение валов

Деформации сдвига возникают при скручивании валов машин и механизмов, когда посредством вала передается вращательное усилие от одной части механизма к другой. Если, например, нижнее основание вала, изготовленное в виде круглого стержня радиуса  $R$  и длины  $l$ , закрепить, а к верхнему основанию приложить закручивающий момент внешних сил  $M$ , то вал деформируется. На рис. 1.17 изображены деформируемый вал и деформация сдвига элементарного объема. Очевидно, что угол сдвига  $\alpha$  зависит от удаления этого объема от оси вала. Касательные напряжения  $\sigma_\tau$ , ответственные за эти деформации, создают в сечении момент упругих сил, равный

$$M_{\text{упр}} = \int r dF_\tau = \int r \sigma_\tau dS = \int_0^R r G \gamma 2\pi r dr. \quad (1.49)$$

Здесь учтено, что площадь элементарного кольца радиуса  $r$  и толщиной  $dr$  равна:  $dS = 2\pi r dr$ , а  $\sigma_\tau(r) = \gamma(r)G$ .



**Рис. 1.17.**

Из условия равновесия части вала, находящегося, например, выше от рассматриваемого сечения, следует, что

$$M_{\text{упр}} = M \quad (1.50)$$

и  $M_{\text{упр}}$  не зависит от выбора сечения вала.

Зависимость  $\gamma(r)$  должна быть линейной функцией расстояния  $r$ , т.е.

$$\gamma(r) = k \cdot r, \quad (1.51)$$

где неизвестный коэффициент пропорциональности  $k$  может быть определен из (1.49) при учете (1.50)

$$M_{\text{упр}} = M = 2\pi J k \int_0^R r^3 dr = \frac{\pi G R^4}{2} k. \quad (1.52)$$

Таким образом, сдвиговые деформации

$$\gamma(r) = \frac{2M}{\pi G R^4} r. \quad (1.53)$$

Они пропорциональны моменту внешних сил и обратно пропорциональны четвертой степени  $R$ . Из последнего соотношения легко посчитать угол кручения  $\vartheta$ , на который повернется верхнее основание стержня относительно нижнего. Из очевидного равенства

$$l \cdot \gamma(R) = R \cdot \vartheta$$

с учетом (1.53) находим

$$\vartheta = \frac{l \gamma(R)}{R} = \frac{M}{B}, \quad (1.54)$$

где  $B = \frac{\pi G R^4}{2l}$  - модуль кручения, зависящий от размеров вала и модуля сдвига материала, из которого

вал изготовлен.

Для создания жестких валов необходимо увеличивать диаметр и сокращать длину. Для экономии материала валы часто делают пустотелыми, обеспечивая при этом высокую жесткость вала.

В ряде случаев, наоборот, используют валы, изготовленные в виде тонких нитей, как, например, нити подвеса крутильных весов, используемых Кулоном в опытах по исследованию электростатического взаимодействия и П.Н.Лебедевым - в опытах по измерению давления света. В этих опытах тонкие кварцевые нити закручивались на значительные углы при действии ничтожно малых моментов сил, что, конечно, обеспечивает высокую чувствительность крутильных весов. Отметим, что на практике часто различные строительные конструкции (балки, фермы и др.) должны обладать достаточной сопротивляемостью как к изгибу, так и кручению. Примером таких конструкций является железнодорожный рельс, балка двухтаврового сечения, швеллер и др.

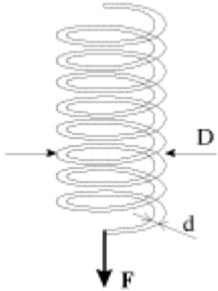


Рис. 1.18.

Интересно отметить, что при растяжении пружин могут одновременно возникать деформации растяжения и сдвига. Пружины с малыми углами наклона витков к горизонтали (рис. 1.18) при их растяжении вдоль оси в отличие от стержней испытывают деформации сдвига. При воздействии с силой  $F$  пружина удлинится на величину  $\Delta \ell = F/k_1$ , при этом коэффициент ее жесткости зависит от диаметра проволоки  $d$ , числа витков и диаметров витка  $D$  и оказывается равным

$$k_1 = \frac{Gd^4}{8nD^3}. \quad (1.55a)$$

При закручивании пружины, подобно валу, вокруг ее оси, когда к торцевому ее сечению прикладывается момент внешних сил  $M$ , витки пружины испытывают деформации растяжения и сжатия (как при изгибе балки). В этом случае угол закручивания  $\theta = M/k_2$ , где коэффициент пропорциональности

$$k_2 = \frac{Ed^4}{32nD} \quad (1.55b)$$

и зависит от момента инерции круглого сечения  $J_o = \frac{\pi d^4}{64}$  (ф-ла (1.39)), числа витков  $n$  и диаметра витка  $D$ .