



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛ, НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ СТЕРЖНЯ

Выполнил студент группы ТО-179 Сесюнин Алексей.

МЕТОД СЕЧЕНИЙ.

- Для определения *внутренних сил* в стержнях применяют *метод сечений*, который основан на следующем принципе: если конструкция под действием внешних сил находится в равновесии, то в равновесии находится и любая её часть. Усилия (внутренние силы) находят в следующем порядке:



Порядок усилий

- 1 Действие на стержень от его опор заменяют их реакциями, которые рассматривают как дополнительные внешние силы. Значения реакций определяют из условий равновесия стержня .
- 2 Стержень разбивают по длине на характерные участки, границы которых устанавливают в местах приложения нагрузок и изменения размеров его поперечных перпендикулярных оси сечений.
- 3 В любом месте первого характерного участка с любого края стержня мысленно делают разрез, отсекая от стержня часть этого участка и заменяя взаимодействие частей стержня внутренними силами, которые уравнивают внешние силы, действующие на отсеченную часть.
- 4 Из условий равновесия отсечённой части стержня определяют усилия в сечении, лежащем в плоскости разреза.
- 5 Далее последовательно повторяют действия пунктов 3 и 4 для всех характерных участков стержня.



- Если внешние силы лежат в одной плоскости (система координат YZ), то для их уравнивания необходимо в общем случае приложить в сечении 3 вида усилий: продольную силу N вдоль оси Z стержня, перпендикулярную ей поперечную силу Q вдоль оси Y и изгибающий момент M в плоскости YZ , перпендикулярной плоскости сечения.
- В случае пространственной нагрузки (система координат XYZ) в поперечном сечении могут возникать 6 внутренних силовых факторов: продольная сила N вдоль оси Z , две поперечные силы Q_x или Q_y вдоль осей X и Y , два изгибающих момента M_x и M_y относительно осей X и Y и крутящий момент $T=M_z$ относительно оси Z .



Виды нагружения и, соответственно, напряжённые состояния/

- растяжение – сжатие, при котором возникает только продольная сила, направленная от сечения при растяжении и на сечение при сжатии;
- сдвиг, при котором возникает только поперечная сила Q_x или Q_y ;
- кручение, при котором возникает только крутящий момент T ;
- чистый изгиб, при котором возникает только изгибающий момент M_x или M_y ;
- поперечный изгиб, при котором возникают изгибающий момент M_x и поперечная сила Q_x или изгибающий момент M_y и поперечная сила Q_y ;
- сложное напряженное состояние, которое возникает при одновременном действии двух и более простых видов нагружения.



- Задача по определению неизвестных усилий называется статически определимой, если их число равно числу уравнений равновесия объекта. В противном случае она является статически неопределимой. Расчётные формулы справедливы при статических нагрузках.



НАПРЯЖЕНИЯ В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ СТЕРЖНЯ
ОПРЕДЕЛЯЮТ [1, 2] ПО СЛЕДУЮЩИМ ФОРМУЛАМ:

□ при растяжении – сжатии стержня

$$\sigma = N/A \quad (1)$$

где σ - расчётное значение нормального напряжения
растяжения (со знаком «+») или сжатия (со знаком «-
») в рассматриваемом сечении стержня, МПа; N -
продольная сила (усилие) в этом сечении, Н; A - его
площадь, мм²;



□ при кручении стержня

$$t = T/W_p, (2)$$

где t - расчётное значение касательного напряжения кручения в рассматриваемом сечении стержня, МПа; T - крутящий момент (усилие) в этом сечении, Нмм; W_p - полярный момент сопротивления данного сечения, мм³ (для круглого сечения диаметром сплошного стержня);

□ при изгибе стержня

$$\sigma = M/W, (3)$$

где σ - расчётное значение нормального напряжения изгиба в рассматриваемом сечении стержня, МПа; M - изгибающий момент (усилие) в этом сечении, Нмм; W - момент сопротивления данного сечения изгибу, мм³



ПЕРЕМЕЩЕНИЕ СЕЧЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО НА РАССТОЯНИИ ОТ НАЧАЛА СТЕРЖНЯ, [1, 2] ПО СЛЕДУЮЩИМ ФОРМУЛАМ:

□ при растяжении – сжатии стержня

$$\Delta l = Nl(EA), (4)$$

Где Δl - линейное перемещение сечения, мм; E - модуль упругости первого рода (модуль Юнга) материала стержня, МПа;

□ при кручении стержня

$$\Delta \varphi = Tl(JG), (5)$$

где $\Delta \varphi$ - угловое перемещение (угол закручивания) сечения, рад.; модуль упругости второго рода (модуль сдвига) материала стержня, МПа ; G - момент инерции сечения, мм⁴ .

