**Сопротивление материалов**

**Лекция 1. Основные положения сопротивления материалов. Растяжение и сжатие.**

**Основные положения. Гипотезы и допущения**

 *«Сопротивление материалов»* — это раздел «Технической ме­ханики», в котором излагаются теоретико-экспериментальные осно­вы и методы расчета наиболее распространенных элементов кон­струкций на прочность, жесткость и устойчивость.

**Основные требования к деталям и конструкциям и виды расчетов в сопротивлении материалов**

***Механические свойства материалов***

*Прочность* — способность не разрушаться под нагрузкой.

*Жесткость* — способность незначительно деформироваться под нагрузкой.

*Выносливость* — способность длительное время выдерживать переменные нагрузки.

*Устойчивость* — способность сохранять первоначальную форму упругого равновесия.

*Вязкость* — способность воспринимать ударные нагрузки.

***Виды расчетов***

*Расчет на прочность* обеспечивает неразрушение конструкции.

*Расчет на жесткость* обеспечивает деформации конструкции под нагрузкой **в** пределах допустимых норм.

*Расчет на выносливость* обеспечивает необходимую долговеч­ность элементов конструкции.

*Расчет на устойчивость* обеспечивает сохранение необходимой формы равновесия и предотвращает внезапное искривление длинных стержней.

Для обеспечения прочности конструкций, работающих при ударных нагрузках (при ковке, штамповке и подобных случаях), про­водятся *расчеты на удар.*

**Основные гипотезы и допущения**

***Допущения о свойствах материалов***

Материалы *однородные* — в любой точке материалы имеют оди­наковые физико-механические свойства.

Материалы представляют *сплошную среду* — кристаллическое строение и микроскопические дефекты не учитываются.

Материалы *изотропны* — механические свойства не зависят от направления нагружения.

Материалы обладают *идеальной упругостью* — полностью вос­станавливают форму и размеры после снятия нагрузки.

***Допущения о характере деформации***

*Все материалы под нагрузкой деформируются, т. е. меняют форму и размеры.*

*В пределах упругости деформации прямо пропорциональны на­грузке.*

Считают, что *все материалы подчиняются закону Гука.*

Поскольку упругие деформации *малы* по сравнению с геометри­ческими размерами детали, при расчетах считают, что *размеры под нагрузкой не изменяются.*

Расчеты ведут используя принцип *начальных размеров. При ра­боте конструкции деформации должны оставаться упругими.*

**Классификация нагрузок и элементов конструкции**

***Классификация нагрузок***

*Статистические* нагрузки не меняются со време­нем или меняются очень медленно.

*Повторно-переменные* нагрузки многократно меня­ют значение или значение и знак.

*Динамические* нагрузки меняют свое значение в короткий промежуток времени, они вызывают большие ускоре­ния и силы инерции и могут привести к внезапному разрушению конструкции.

Из теоретической механики известно, что по способу приложе­ния нагрузки могут быть *сосредоточенными* или *распределенными* по поверхности.

***Формы элементов конструкции***

Все многообразие форм сводится к трем видам по одному при­знаку.

1. *Брус* — любое тело, у которого длина значительно больше других размеров.

В зависимости от форм продольной оси и поперечных сечений различают несколько видов брусьев:

— прямой брус постоянного поперечного сечения

* прямой ступенчатый брус;
* криволинейный брус

2. *Пластина* — любое тело, у которого толщина значительно меньше других размеров.

3. *Массив* — тело, у которого три размера одного порядка.

**Нагрузки внешние и внутренние,**

**метод сечений**

Элементы конструкции при работе испытывают внешнее воз­действие, которое оценивается величиной внешней силы. К внешним силам относят активные силы и реакции опор.

Под действием внешних сил в детали возникают внутренние силы упругости, стремящиеся вернуть телу первоначальную форму и размеры.

Внешние силы должны быть определены методами теоретиче­ской механики, а внутренние определяются основным методом со­противления материалов — методом сечений.

**Метод сечений**

*Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных ча­стей.*

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. *Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, соста­вленных для рассматриваемой части тела.*

Рассекаем тело поперек плоскостью. Рассматрива­ем правую часть. На нее действуют внешние силы *F4; F5; Fб* и внутренние силы упругости *qk*, распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором *Ro*, помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил *M0:*

 *R0=Σ qk; М0= Σmk.*

Разложив главный вектор *R0*  по осям, получим три составляющие:

Rо = *Nz + Qy + Qx,*

где *Nz* — продольная сила;

 *Qx* — поперечная сила по оси x;

 *Qy* — поперечная сила по оси у.
Главный момент тоже принято представлять в виде моментовпар сил в трех плоскостях проекции:

*Mo = Mx + My + Mz,*

*Mx* — момент сил относительно *Ох;*

*Му* — момент сил относительн*о Oy;*

*Mz* — момент сил относительно *Oz.*

Полученные составляющие сил упругости носят название внутренних; *силовых факторов.* Каждый из внутренних силовых факторов. вызывает определенную деформацию детали. Внутренние си­ле факторы уравновешивают приложенные к этому элементу детали внешние силы. Используя шесть уравнений равновесия, можно получить величину внутренних силовых факторов:

*Nz = ΣFkz; Mz = Σ mz (Fk);
Qx = ΣFkx; Mx = Σ mx (Fk);*

*Qy = Σ Fky My = Σmy(Fk).*

Из приведенных уравнений следует, что:

*Nz* — *продольная сила,* равная алгебраической сумме проекций на ось *Oz* внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса; вызывает растяжение или сжатие;

*Qx* — *поперечная* сила, равная алгебраической сумме проекций на ось *Ох* внешних сил, действующих на отсеченную часть;

*Qy* — *поперечная сила,* равная алгебраической сумме проекций на ось *Оу* внешних сил, действующих на отсеченную часть;

* силы *Qx* **и** *Qy* вызывают сдвиг сечения;

*Мх — крутящийся момент,* равный алгебраической сумме мо­ментов внешних сил относительно продольной оси *Oz;* вызывает скручивание бруса;

*Мх* — *изгибающий момент,* равный алгебраической сумме мо­ментов внешнихсил относительно оси *Ох;*

*Му* — *изгибающий момент,* равный алгебраической сумме мо­ментов внешних сил относительно оси *Оу;*

* моменты *Мх* и *Му* вызывают изгиб бруса в соответствующей плоскости.

**Напряжения**

*Метод сечений* позволяет определить величину внутреннего си­лового фактора в сечении, но не дает возможности установить за­кон распределения внутренних сил по сечению.

Величину интенсивности внутренних сил в точке поперечного сечения называют механическим *напряжением.* Напряжение харак­теризует величину внутренней силы, приходящейся на единицу пло­щади поперечного сечения.

Вектор *рср* называют *полным напряжением.* Его принято раскладывать на два вектора: τ — лежащий в площадке сечения и *σ* — направленный перпендикулярно площадке.

*р= √σ* *2 +* τ 2. Если вектор *р*— пространственный, то его раскладывают на три составляющие: *р= √σ 2 + τ x2+ τy 2*

Нормальное напряжение характеризует сопротивление сечения растяжению или сжатию.

Касательное напряжение характеризует сопротивление сечения сдвигу.

**Растяжение и сжатие.**

*Растяжением* или *сжатием* называют вид нагружения, при ко­тором в поперечном сечении бруса возникает только один внутрен­ний силовой фактор — продольная сила.

Если продольная сила направлена *от сечения,* то брус растянут. Растяжение считают положительной деформацией

Если продольная сила направлена *к* сечению, то брус сжат. Сжа­тие считают отрицательной деформацией.

F

F

N

N

+

-

**Примеры построения эпюры продольных сил**

Рассмотрим брус, нагруженный внешними силами вдоль оси. Брус закреплен в стене (закрепление «заделка»)

Делим брус на участки нагружения.

*Участком нагружения* считают часть бруса между внешними силами.

 На представленном рисунке 3 участка нагружения.

1 сеч 2 сеч 3 сеч

3F

3F

3F

3F

N1

N2

N3

2F

2F

2F

5F

5F

1 уч 2 уч 3 уч

3F

F

4F

Эпюра

Nz

Воспользуемся методом сечений у определим внутренние силовые факторы внутри каждого участка.

Расчет начинаем со *свободного конца бруса, что* бы не *определять* величины реакций в *опорах.*

*Участок* 1: *Σ*Fz = 0; -3F + N1 = 0; N1 = 3F. Продольная сила положи­тельна, участок 1 растянут.

*Участок* 2: *Σ*FZ = 0, -3F +2F +N2=0, N2 = F. Продольная сила положительна, участок 2 рас­тянут.

*Участок* 3: *ΣFz* = 0; -3F + 2F + 5F - N3 = 0; N3 = 4F. Про­дольная сила отрицательна, участок 3 сжат. Полученное значение *N3* равно реакции в заделке.

Под схемой бруса строим эпюру продольной силы.

*Эпюрой продольной си­лы* называется график рас­пределения продольной си­лы вдоль оси бруса.

Ось эпюры параллель­на продольной оси.

Нулевая линия прово­дится тонкой линией. Зна­чения сил откладывают от
оси, положительные — вверх, отрицательные — вниз. В пределах одного участка значение силы не меняется, поэто­му эпюра очерчивается отрезками прямых линий, параллельными оси *Оz.*

Правило контроля: в месте *приложения внешней силы на эпюре должен быть скачок на величину приложенной силы.*

На эпюре проставляются значения *Nz.* Величины продольных сил откладывают в заранее выбранном масштабе.

Эпюра по контуру обводится толстой линией и заштриховыва­ется поперек оси.

Изучая деформации при растяжении и сжатии, обнаруживаем, что выполняются *гипотеза плоских сечений* и принцип *смягчения граничных условий.*

*Гипотеза плоских* сечений заключается в том, что поперечное сечение бруса, плоское и перпендикулярное продольной оси, после деформации остается плоским и перпендикулярным продольной оси.

Следовательно, продольные *внутренние волокна удлиняются одинаково, а внутренние силы упругости распределены по* сечению равномерно.

*Принцип смягчения* граничных *условий* гласит: в точках тела, удаленных от мест приложения нагрузки, *модуль внутренних сил мало зависит от способа* закрепления. Поэтому при решении задач не уточняют *способ закрепления.*

**Напряжения при растяжении и сжатии**

При растяжении и сжатии в сечении действует только нормаль­ное напряжение.

Напряжения в поперечных сечениях могут рассматриваться как силы, приходящиеся на единицу площади.



Исходя из гипотезы плоских сечений, можно предположить, что напряжения при растяжении и сжатии в пределах каждого сечения не меняются. По­этому напряжение можно рассчитать по формуле

*σ=Nz/A*

где *Nz* — продольная сила в сечении; *А* — площадь поперечного сечения.

*Величина* *напряжения прямо пропорциональна продольной силе* и *обратно пропорциональна площади поперечного сечения.*

Размерность (единица измерения) напряжений — Н/м2 (Па), Н/мм2 (МПа):1 МПа = 106 Па = 1 Н/мм2.

При определении напряже­ний брус разбивают на участки нагружений, в пределах которых, продольные силы не изменяются, и *учитывают места* изменений *площади* поперечных сечений.

Рассчитывают напряжения по сечениям, и расчет оформляют в виде эпюры нормальных напряжений.

Строится и оформляется такая эпюра так же, как и эпюра про­дольных сил.

Рассмотрим брус, нагру­женный внешними силами вдоль оси.

Обнаруживаем три уча­стка нагружения и определя­ем величины продольных сил.

*Участок* 1: *N1 =* 0. Внутренние продольные силы равны нулю.

Участок 2: N2 = 2F. Про­дольная сила ва участке поло­жительна.

*Участок* 3: *N3 = 2F-*-3F = — *F.* Продольная сила на участке отрицательна. Брус — ступенчатый.

С учетом изменений ве­личин площади поперечного сечения участков напряжений больше.

*σ1=N1/2A1, σ2=F/A1, , «+»*

*σ3=2F/A1, «+»,σ4=-F/A1, «-»*

Строим эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Масштабы эпюр могут быть разными и выбираются исходя из удобства построения.

**Закон Гука при растяжении:** В пределах упругих деформаций нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению.

σ = Е|ε|

ε – модуль упругости, характеризует жесткость материала

Е = 2·105 МПа

Абсолютное удлинение:

$$∆l=\frac{σl}{Е}=\frac{Nl}{А∙Е}$$

$А∙Е$ - жесткость сечения,

А – площадь сечения, мм2

$∆l$-абсолютное удлинение, мм

$l$-начальная длина, мм

N – продольная сила, Н

$σ$-нормальное напряжение, МПа

**Предельные и допустимые напряжения**

*Предельным напряжением* считают напряжение, при котором в материале возникает опасное состояние (разрушение или опасная деформация). σпред

*Допускаемое напряжение* — максимальное напряжение, при ко­тором материал должен нормально работать. (принято обозначать в квадратных скобках - [σ]

$$\left[σ\right]=\frac{σ\_{пред}}{\left[s\right]}$$

*Допускаемый коэффициент запаса* ***прочности* зависит от каче­ства** материала, условий работы детали, назначения детали, точно­сти обработки и расчета и т.д. [s]

Он может колебаться от 1,25 для простых деталей до 12,5 для сложных деталей, работающих при переменных нагрузках в услови­ях ударов и вибраций

**Расчеты на прочность при растяжении и сжатии**

Расчеты на прочность ведутся по условиям прочности — нера­венствам, выполнение которых гарантирует прочность детали при данных условиях.

Для обеспечения прочности расчетное напряжение не должно превышать допускаемого напряжения:

**Расчеты на прочность при растяжении и сжатии**

Расчеты на прочность ведутся по условиям прочности — нера­венствам, выполнение которых гарантирует прочность детали при данных условиях.

Для обеспечения прочности расчетное напряжение не должно превышать допускаемого напряжения: $σ\leq \left[σ\right], σ=\frac{N}{A}, \left[σ\right]=\frac{σ\_{пред}}{\left[s\right]}$

Существуют три вида расчета на прочность.

**1. Проектировочный *расчет*** — задана расчетная схема и нагрузки; *материал* или размеры детали *подбираются:*

— определение размеров поперечного сечения: $А\geq \frac{N}{A}$

— подбор материала $σ\_{пред}\geq \frac{N\left[s\right]}{A}$

по величине $σ\_{пред}$ можно подобрать марку материала.

2. **Проверочный расчет** — известны нагрузки, материал, размеры детали; необходимо *проверить, обеспечена ли прочность.*

Проверяется неравенство: $σ=\frac{N}{A}\leq \left[σ\right]$

**3. *Определение нагрузочной способности*** (максимальной нагрузки):

*[N]* = $\left[σ\right]A$