

# Расчет статически неопределимых систем по допускаемым нагрузкам

- При расчете на растяжение и сжатие как статически определимых, так и статически неопределимых конструкций размеры поперечных сечений определяются из условия

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma]$$

- При выполнении этого требования максимальное напряжение в наиболее напряженном месте не превосходит допускаемого напряжения. Иначе говоря, **определение размеров основывалось на методе допускаемых напряжений**

В последнее время в некоторых случаях размеры конструкций стали определять **не по допускаемому напряжению, а по допускаемой нагрузке.**

Поясним преимущества нового метода по сравнению с методом расчета по допускаемым напряжениям.

Пусть требуется определить размер поперечного сечения стержня, сделанного из мягкой стали, имеющей предел текучести  $\sigma_T$

Если запас прочности принят равным  $k$ , то площадь сечения стержня определится из следующего неравенства

$$\frac{P}{F} \leq \frac{\sigma_T}{k} \quad (\text{а})$$

или 
$$F \geq \frac{P \cdot k}{\sigma_T} \quad (\text{б})$$

Определим теперь площадь поперечного сечения по **допускаемой нагрузке**, принимая тот же запас прочности ***k***

- При расчете по допускаемой нагрузке имеем: 
$$P \leq P_{доп} = \frac{P_{пр}}{k} \quad (\text{В})$$

где  $P_{доп}$  — допускаемая нагрузка

$P_{пр}$  — предельная нагрузка, в данном случае нагрузка, вызывающая в сечении напряжение, равное пределу текучести  $\sigma_T$

$$P_{пр} = F \cdot \sigma_T$$

Следовательно,  $P_{доп} = \frac{F \sigma_T}{k}$

Условие прочности (в) примет вид  $P \leq \frac{F \sigma_T}{k}$  (2)

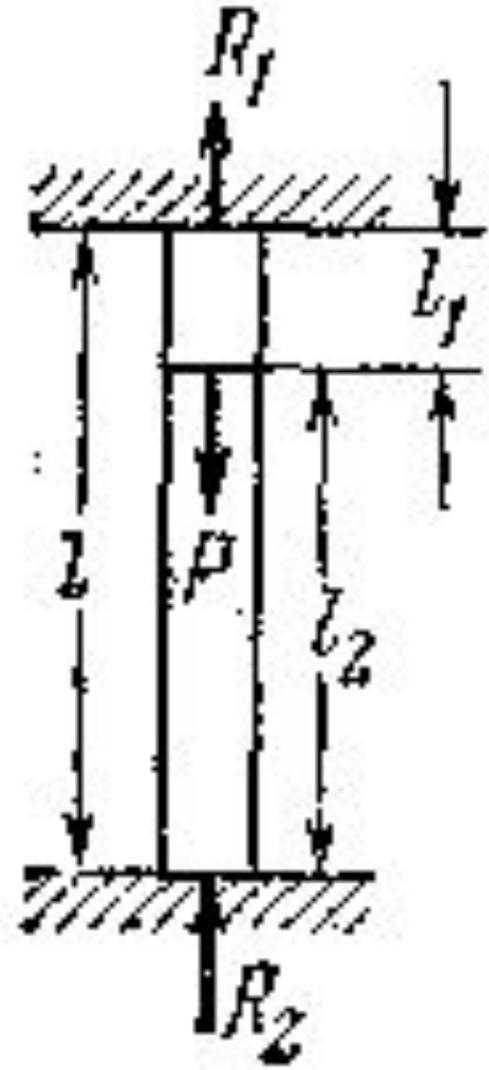
ИЛИ

$$F \geq (P \cdot k) / \sigma_T$$

Таким образом, расчет **по допускаемой нагрузке** в данном случае привел к тому же результату, что и расчет **по допускаемому напряжению**

Иначе дело обстоит, если конструкция статически неопределима и выполнена из пластического материала, например, из мягкой стали

- Пусть стержень из мягкой стали, заделанный по концам, нагружен силой  $P$



Усилия в верхней и нижней частях стержня соответственно равны:

$$R_1 = P \frac{l_2}{l} \quad \text{и} \quad R_2 = P \frac{l_1}{l}$$

$$l_2 > l_1$$

тогда в верхней части стержня напряжения будут больше, чем в нижней.

Площадь сечения стержня при расчете по допускаемому напряжению определится из условия

$$F \geq (R_1 \cdot k) / \sigma_T = P \frac{l_2}{l} \cdot \frac{k}{\sigma_T}$$

Напряжение в верхней части стержня будет иметь максимальное значение  $\sigma_T \cdot k$

В нижней части действует меньшее усилие, поэтому в ней и напряжение будет меньше, а запас прочности будет больше.

Следовательно,

***при определении площади сечения стержня по допускаемому напряжению материал нижней части стержня не будет использован полностью.***

***Определим теперь площадь поперечного сечения стержня по допускаемой нагрузке***

Так как стержень выполнен из мягкой стали, имеющей на диаграмме растяжения (сжатия) площадку текучести, то после того, как в верхней части стержня напряжение достигнет предела текучести, здесь оно дальше увеличиваться не будет.

С увеличением силы  $P$  напряжение станет расти только в нижней части стержня. Так будет происходить до такого значения силы  $P$ , когда и в нижней части стержня напряжение достигнет предела текучести. Только после этого описанное увеличение силы вызовет текучесть всего стержня. Иначе

говоря,

***предельной нагрузкой в данном случае будет та, которая вызовет напряжение в обеих частях стержня,***

***равное  $\sigma_T$***

После того как в верхней части стержня

напряжение достигло  $\sigma_T$

система стала как бы статически определимой, так как часть предельной силы, идущей на растяжение верхней части, уже известна, т.е. стала равной  $\sigma_T \cdot F_1$

где  $F_1$  — искомая площадь поперечного сечения стержня

Следовательно,  
другая часть предельной силы, сжимающая нижнюю  
часть бруса, будет равна

$$P_{np} - \sigma_T \cdot F_1$$

Когда эта сила вызовет напряжение в нижней части  
стержня, равное пределу текучести, будет  
удовлетворено равенство

$$P_{np} - \sigma_T \cdot F_1 = \sigma_T \cdot F_1$$

Следовательно, предельной нагрузкой будет:

$$P_{np} = 2\sigma_T \cdot F_1$$

Так как условие прочности при расчете по допускаемой нагрузке выражено неравенством

$$P \leq P_{доп} = \frac{P_{np}}{k}$$

то мы будем иметь:  $P_{np} = 2\sigma_T \cdot F_1$

$$P \cdot k \leq 2\sigma_T \cdot F_1$$

откуда искомая площадь

$$F_1 \geq \frac{Pk}{2\sigma_T}$$

Сравнивая площадь

$$F = P \frac{l}{l} \cdot \frac{k}{\sigma}$$

найденную по допускаемому напряжению,

с площадью

$$F_1 = \frac{Pk}{2\sigma_T}$$

ВИДИМ, ЧТО

$$F_1 < F$$

Метод расчета  
по допускаемой нагрузке  
более полно учитывает  
прочность конструкций,  
изготовленных из  
***пластичных материалов.***  
Это позволяет уменьшить вес  
конструкции, т.е. экономить  
материал, идущий на ее  
изготовление