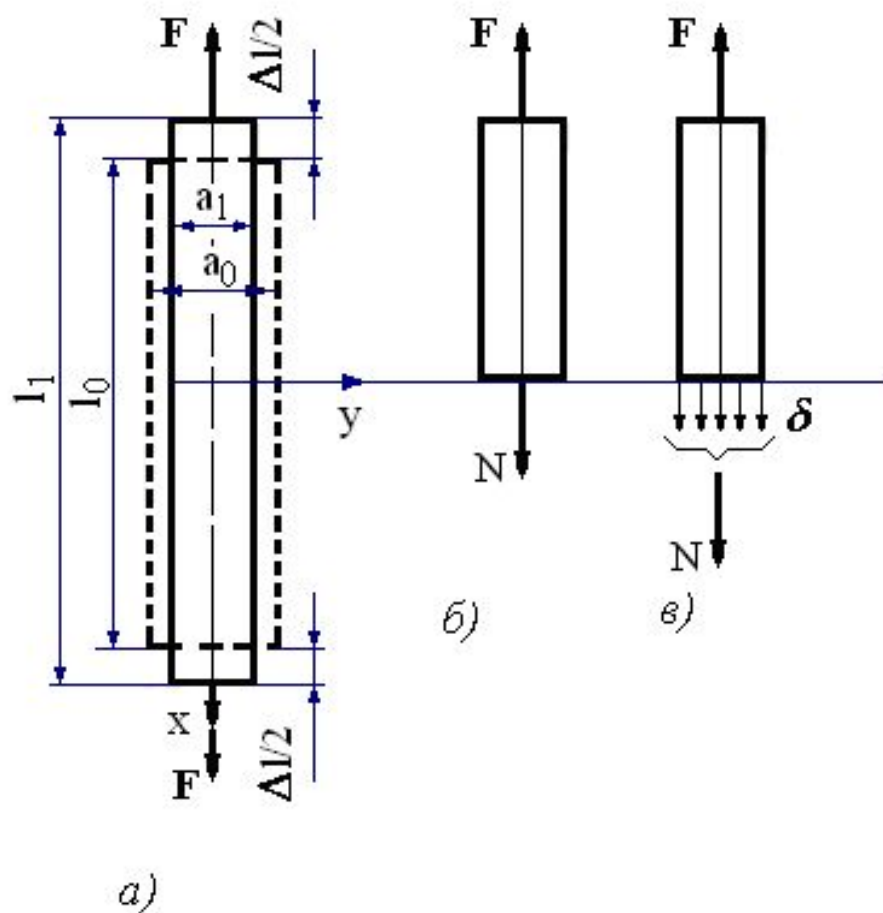
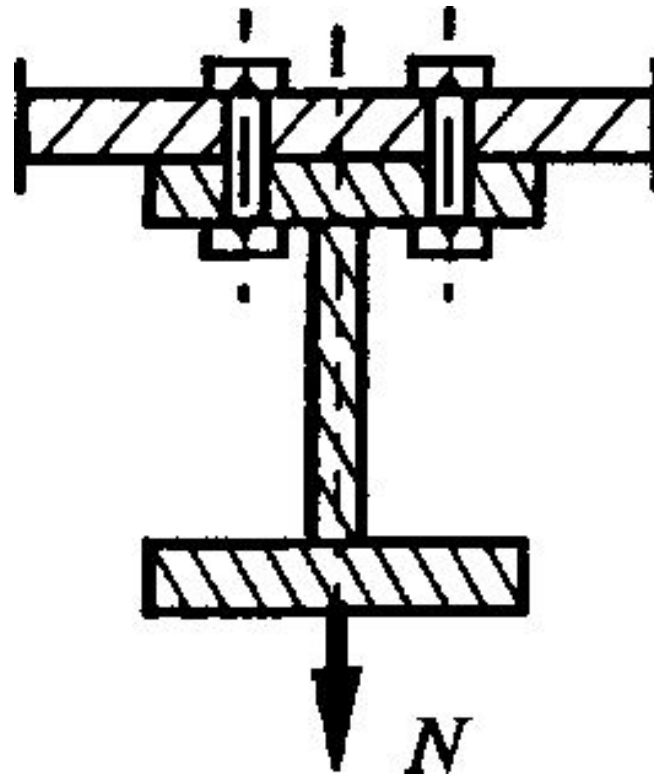
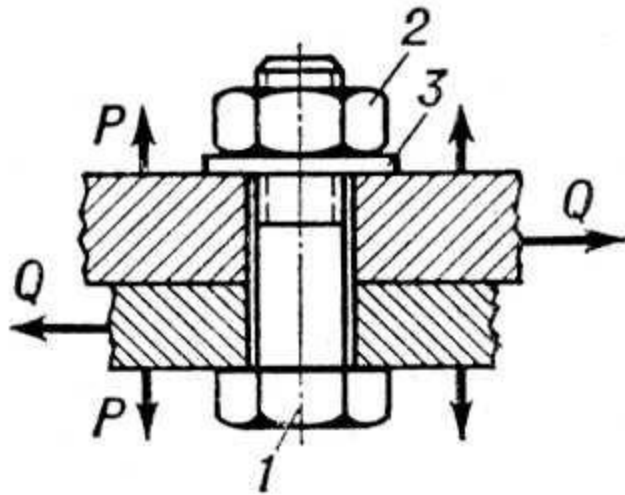


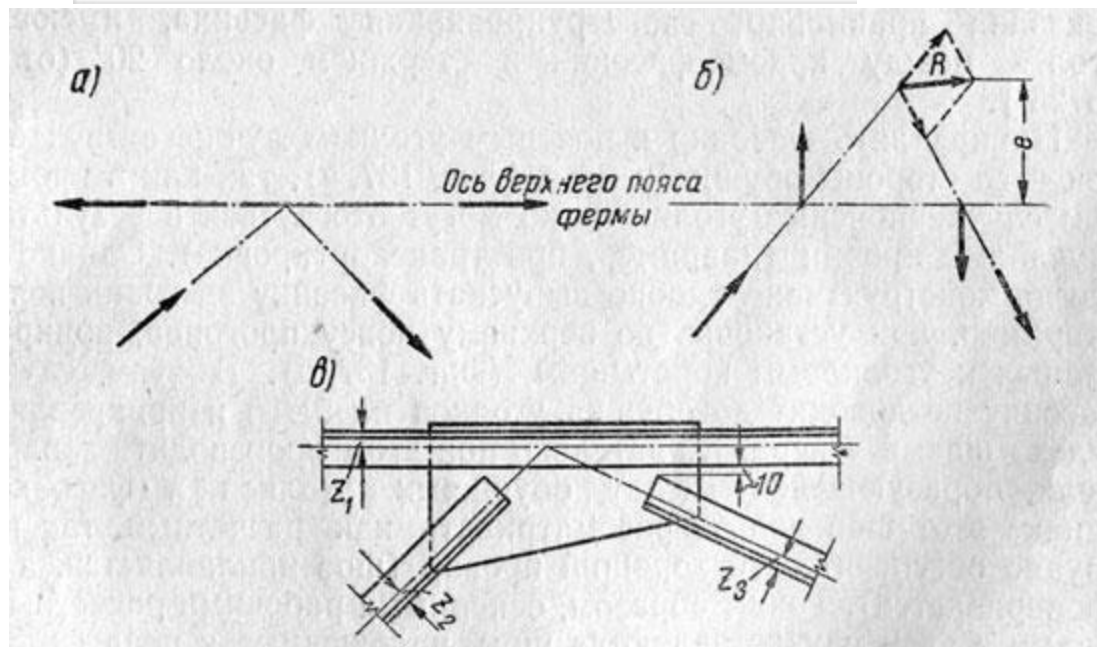
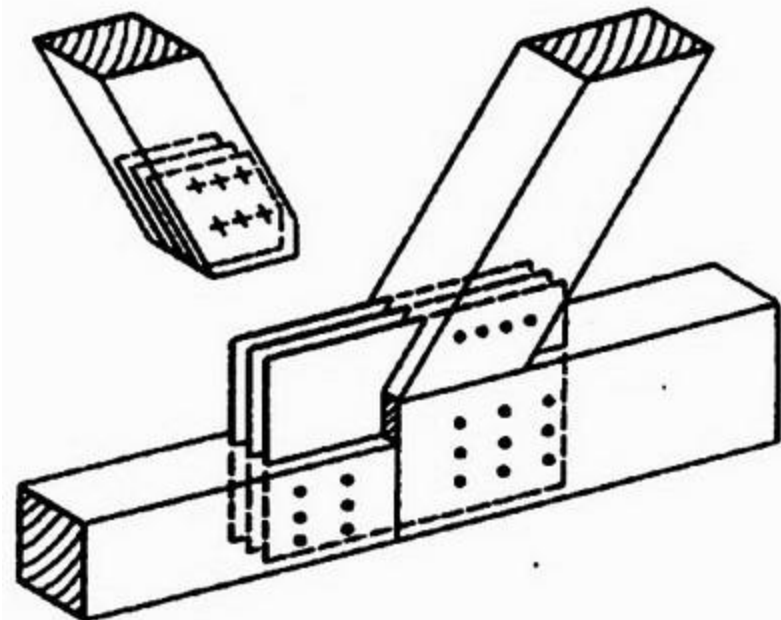
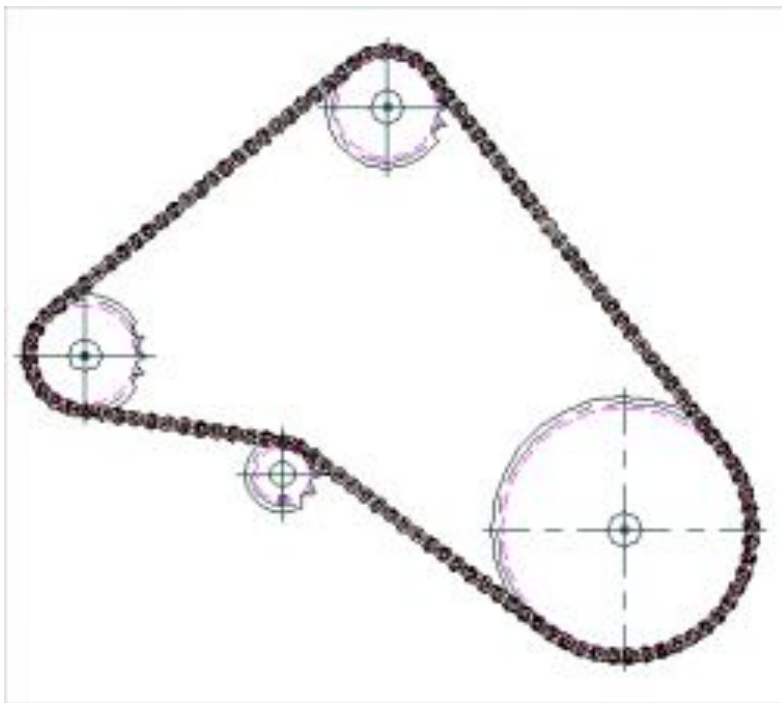
Растяжение и сжатие

- Растяжение (сжатие) – это вид деформации, при котором в поперечном сечении стержня возникает только продольная растягивающая (сжимающая) сила.



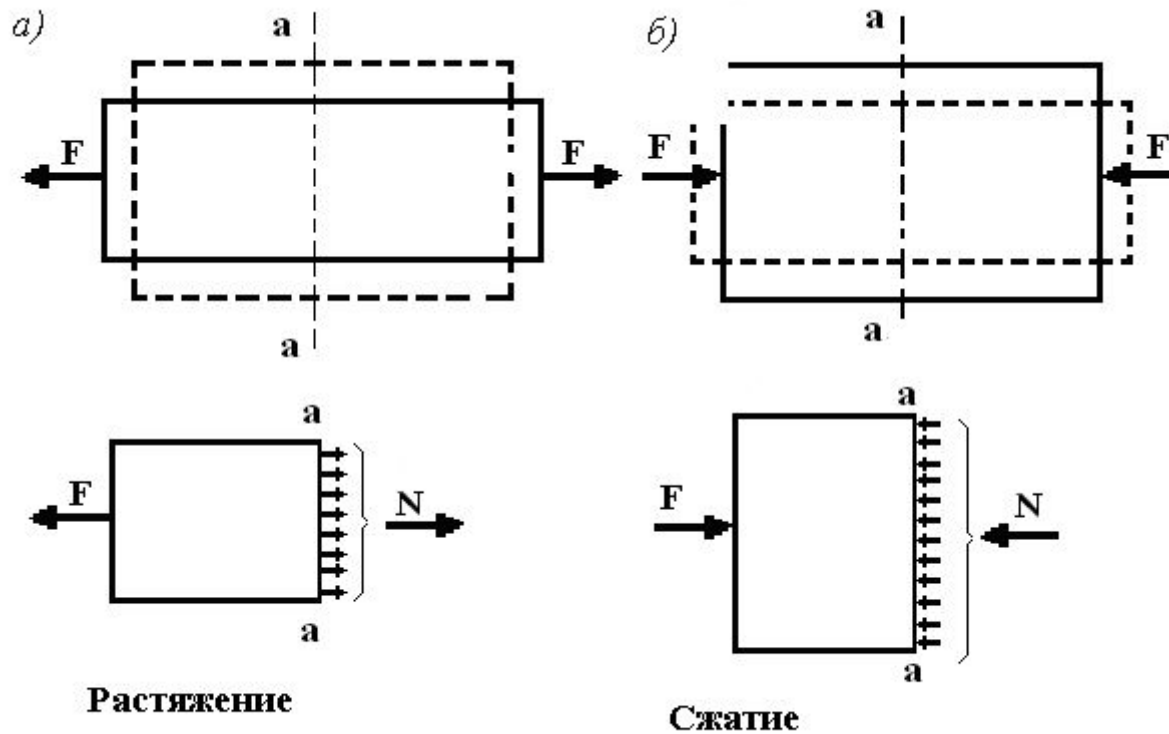
- Модель растягиваемого стержня используется в расчетах болтов, ремней передач, стержневой ферм, лопаток турбин





- При осевом растяжении и сжатии внутренние силы в поперечном сечении могут быть заменены одной силой, направленной вдоль оси стержня— продольной силой N .
- В случае когда сила направлена к отброшенной части наружу, имеет место растяжение
- Если сила направлена от отброшенной части внутрь имеет место сжатие.

- N положительна, если растягивает
- N отрицательна – если сжимает.

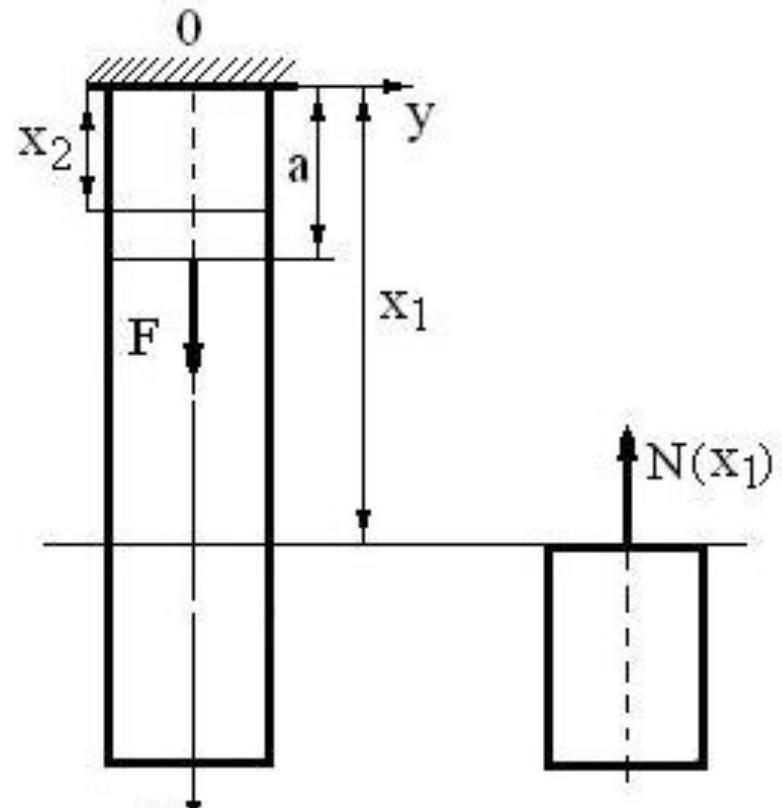


- Для определения силы N в сечении

$$x = x_1$$

рассмотрим равновесие нижней
отсеченной части

$$N = 0$$



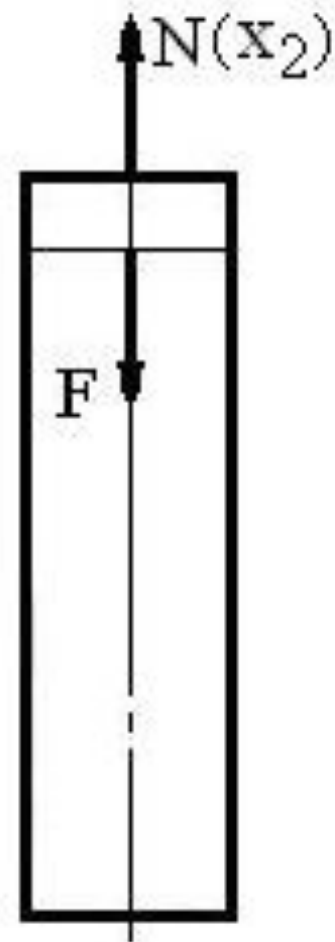
- Для определения силы N в сечении

$$x = x_2$$

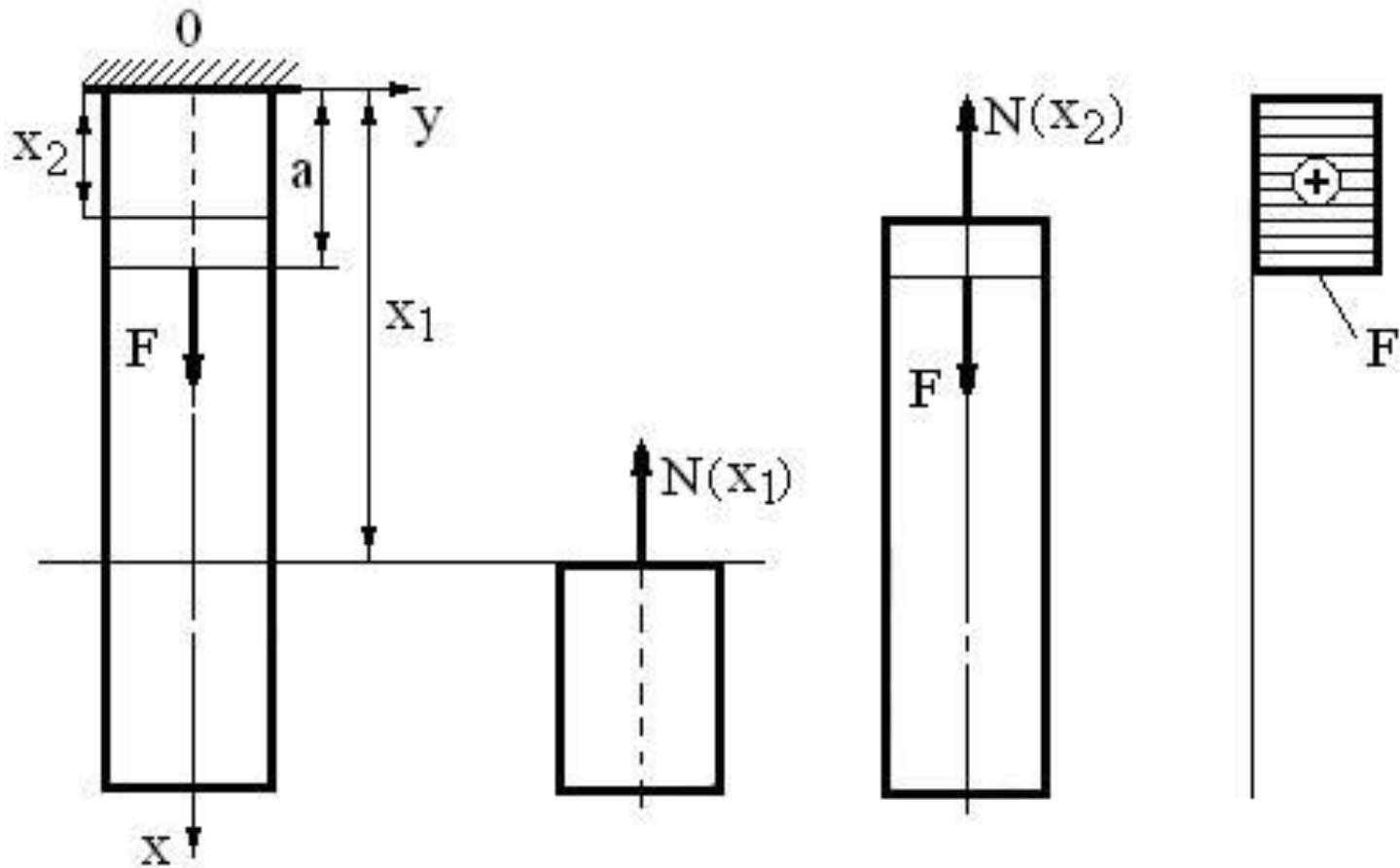
рассмотрим равновесие верхней
отсеченной части

$$N - F = 0$$

$$F = N$$



- Знак плюс показывает, что стержень растянут.
- График изменения внутренних сил (эпюра)



- Нормальное напряжение в поперечном сечении стержня при растяжении равно поделенной на площадь сечения продольной силе в этом сечении

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

- Под действием осевых растягивающих сил стержень постоянного сечения площадью удлиняется на величину
- l_1, l_0 – длины стержня в деформированном и недеформированном состоянии, Δl – абсолютное (полное) удлинение при растяжении (в случае сжатия данная величина называется **абсолютным** (полным) укорочением)

$$\Delta l = l_1 - l_0$$

- Наиболее удобной мерой деформации является ***относительное удлинение*** – удлинение, отнесенное к первоначальной длине стержня

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

- Если первоначальная ширина стержня a_0 , то под действием сил F она уменьшится на величину

$$\Delta a = a_1 - a_0$$

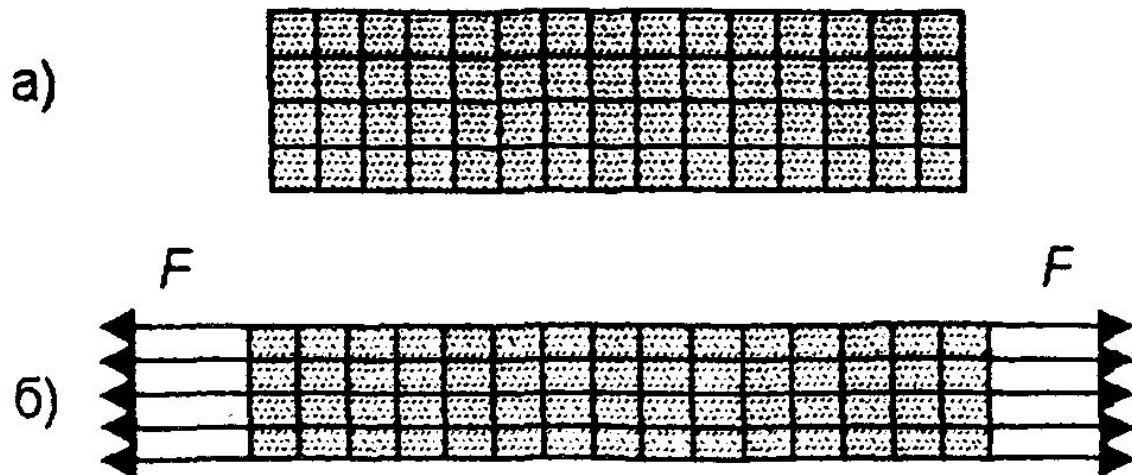
- Относительная поперечная деформация будет определяться выражением

$$\varepsilon_n = -\frac{\Delta a}{a_0}$$

- Отношение поперечной деформации к продольной при растяжении (сжатии), взятое по абсолютной величине, называют ***коэффициентом Пуассона***

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \right|$$

- На основании экспериментов получено:
для сталей $\mu = 0,25 \dots 0,3$; для
алюминиевых сплавов $\mu = 0,3 \dots 0,35$;
для медных сплавов $\mu = 0,35$



- Между напряжениями и малыми деформациями существует линейная зависимость, называемая **законом Гука**. Для центрального растяжения (сжатия) она имеет вид:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

- где E – коэффициент пропорциональности, именуемый модулем упругости (**модулем Юнга**).
- По физическому смыслу модуль упругости – напряжение, которое вызывает деформацию $\varepsilon = 1$ (удлинение стержня, равное первоначальной длине).

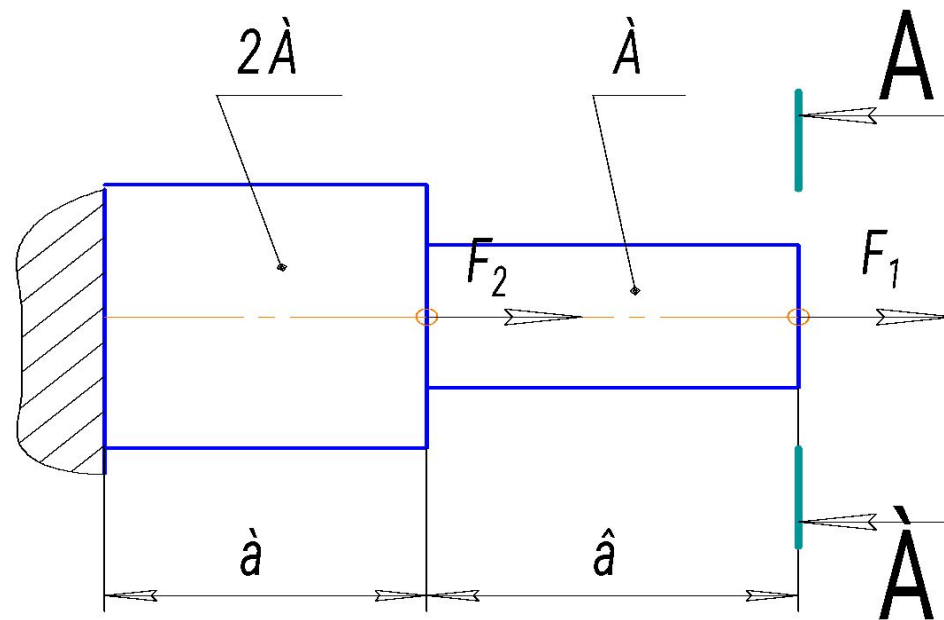
- По данным экспериментов:
- $E = (2...2,2) \cdot 10^5$ МПа – для сталей;
 $E = 1,1 \cdot 10^5$ МПа – для титановых сплавов;
- $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа – для алюминиевых сплавов.



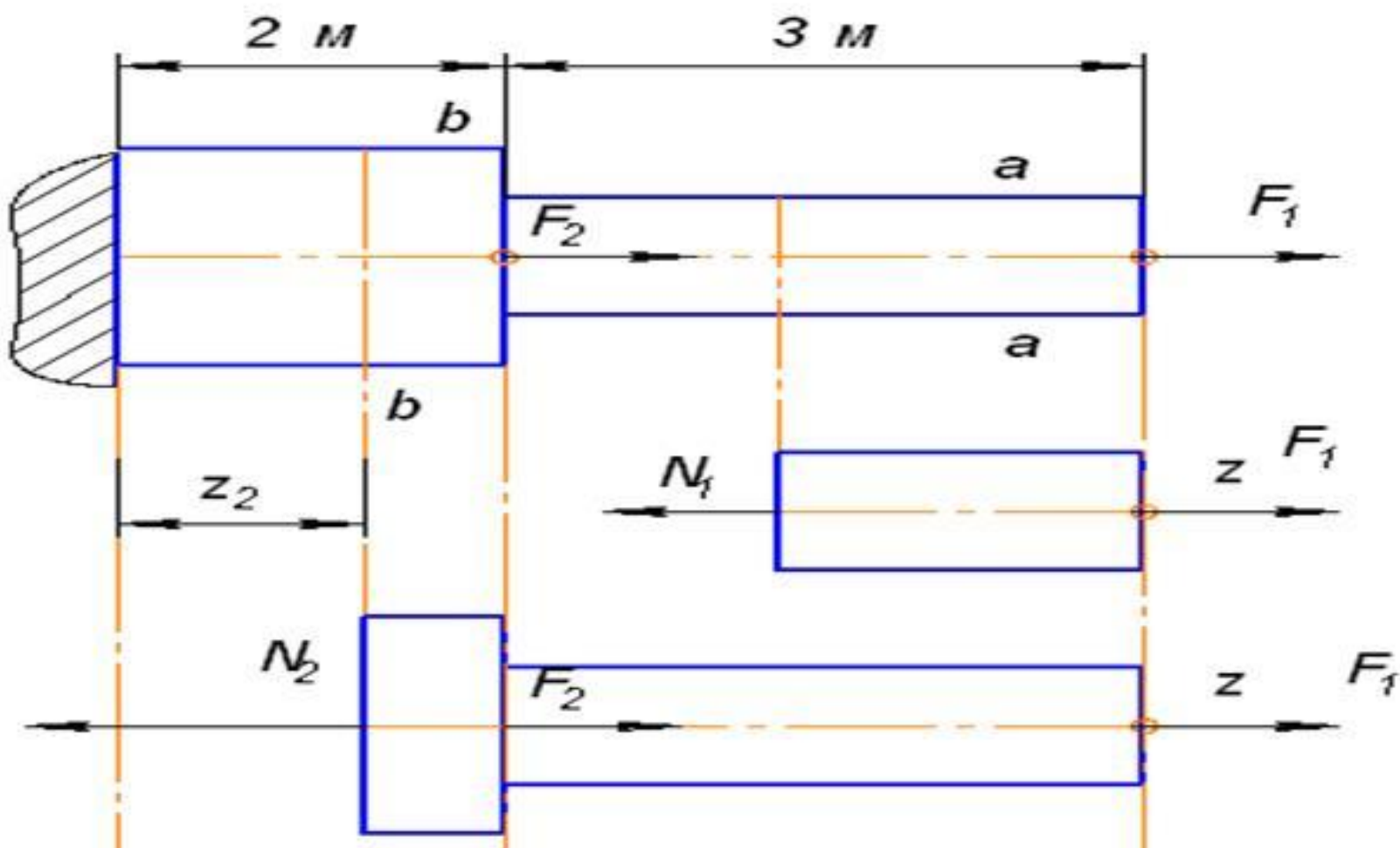
- закон Гука для растянутого (сжатого) стержня можно записать в виде

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{E \cdot A} = \mu \cdot F,$$

- Построить эпюру распределения продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение сечения А-А. $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $A = 2$ см².



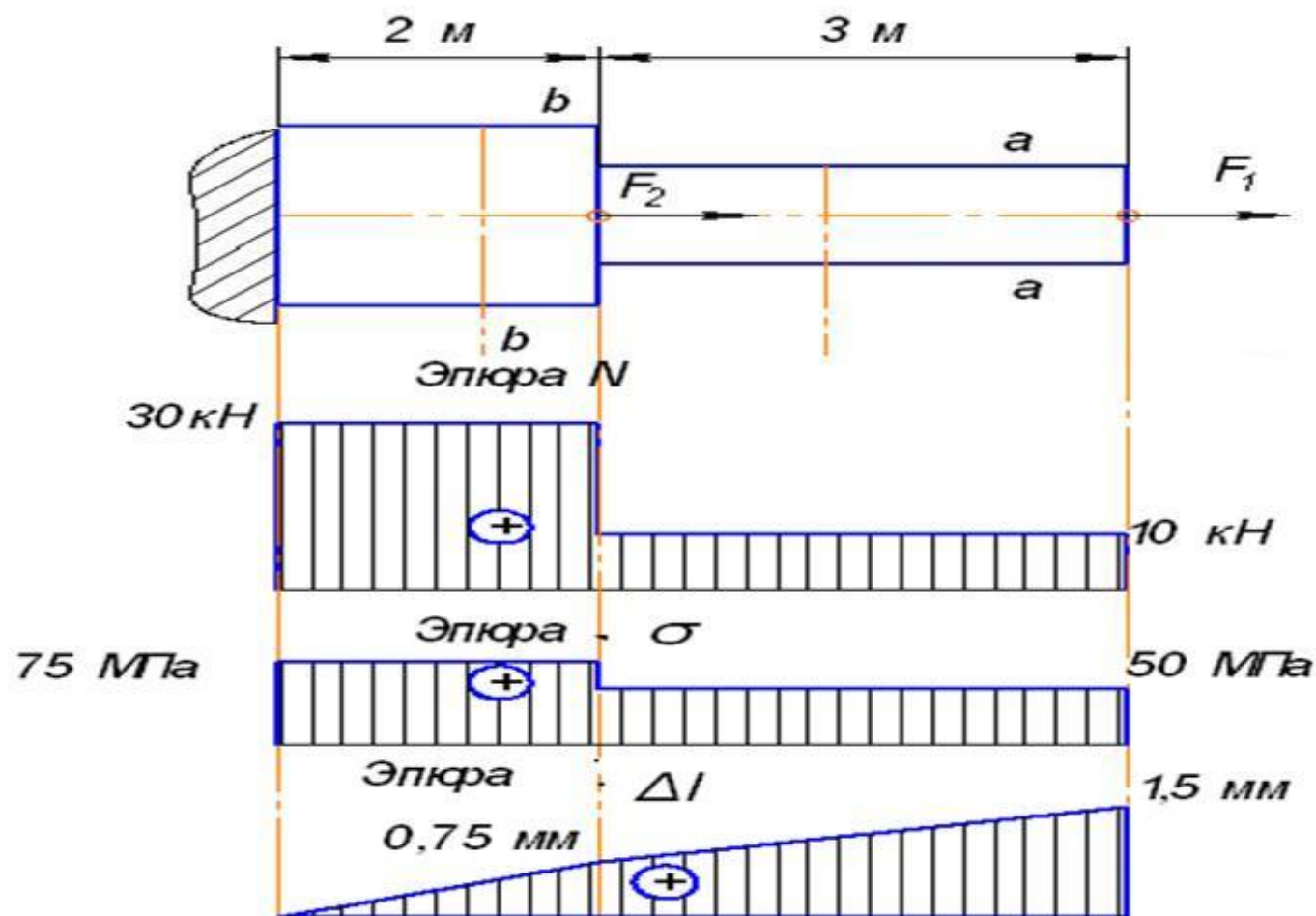
$$a = 2 \text{ м} ; \hat{a} = 3 \text{ м} ; F_1 = 10 \text{ кН} ; F_2 = 20 \text{ кН}$$



- Построим график (эпюру) показывающую как изменяется N по длине бруса. В пределах одного участка продольная сила не меняется, поэтому эпюра N ограничена линией параллельной оси.
- Эпюру нормальных напряжений получим, разделив значения N на соответствующие площади поперечных сечений.

$$\sigma = \frac{N_1}{A_1} = \frac{10 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^2} = 50 \frac{\text{H}}{\text{MM}^2} = 50 \text{МПа};$$

$$\sigma = \frac{N_2}{A_2} = \frac{30 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^2} = 75 \frac{\text{H}}{\text{MM}^2} = 75 \text{МПа};$$



- Эпюрой перемещений называется график, показывающий закон изменения величин перемещений поперечных сечений бруса по его длине.
- Эпюру перемещений строят, начиная с защемленного конца.
- Перемещение произвольного сечения b – b бруса на участке 2 равно удлинению части бруса длиной z_2 .
- На конце второго участка $z_2 = 2$ м.

$$\Delta_2 = \frac{N_2 Z_2}{A_2 E} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 2}{4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,75 \text{ mm}.$$

$$\Delta_1 = \frac{N_1 Z_1}{A_1 E} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 3}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,75 \text{ mm}$$

$$\Delta_{AA} = \Delta_2 + \Delta_1 = 0,75 + 0,75 = 1,5 \text{ mm}.$$

