



СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ_3

ЛЕКЦИЯ 21

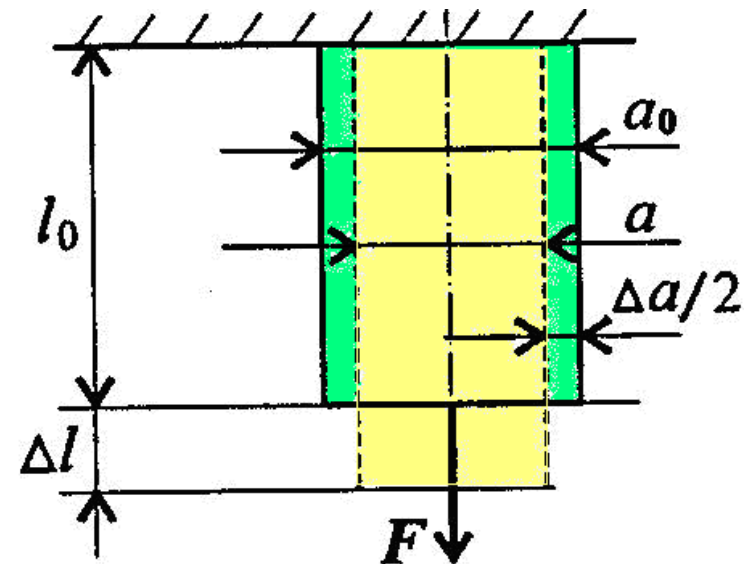
Тема 2.2. Растяжение и сжатие.

Продольные и поперечные деформации.

Закон Гука.

Деформации при растяжении и сжатии

- Рассмотрим деформацию бруса под действием продольной силы F .
- **Начальные размеры** бруса: l_0 – начальная длина, a_0 – начальная ширина.
- Брус удлиняется на величину Δl ;
- Δl – абсолютное удлинение.
- **При растяжении** поперечные размеры уменьшаются, Δa – абсолютное сужение; $\Delta l > 0$; $\Delta a < 0$.
- **При сжатии** выполняется соотношение $\Delta l < 0$; $\Delta a > 0$.

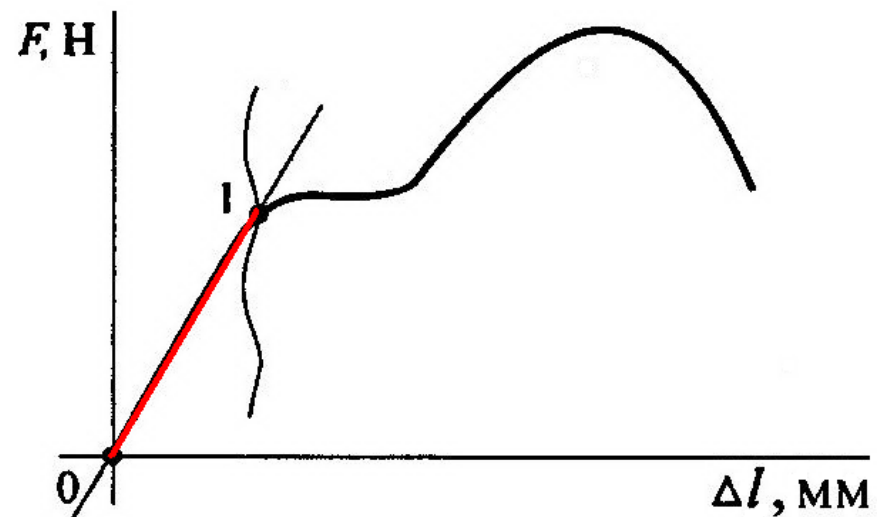


Деформации в относительных единицах

- Относительное удлинение: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0};$
- Относительное сужение: $\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a_0};$
- Между продольной и поперечной деформациями существует зависимость $\varepsilon' = \mu \cdot \varepsilon$
- где μ – коэффициент поперечной деформации, или коэффициент Пуассона.

Закон Гука при растяжении-сжатии

- Закон Гука выполняется в зоне упругих деформаций, которая определяется при испытаниях на растяжение по диаграмме растяжения
- На диаграмме **закон Гука действует от точки 0 до точки 1.**



Закон Гука при растяжении-сжатии

- В пределах упругих деформаций деформации прямо пропорциональны нагрузке:

$$F = k\Delta l,$$

- где F – действующая нагрузка; k – коэффициент.

- В современной форме:

$$\sigma = \frac{N}{A}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

- Получим зависимость ,

$$\sigma = E\varepsilon,$$

- где E – модуль упругости, характеризует жесткость материала.

- Таким образом, **закон Гука** формулируется так:

- **В пределах упругости нормальные напряжения пропорциональны относительному удлинению.**

- Значение E – для сталей в пределах $(2...2,1) \cdot 10^5$ МПа.

Формулы для расчета перемещений поперечных сечений бруса при растяжении и сжатии

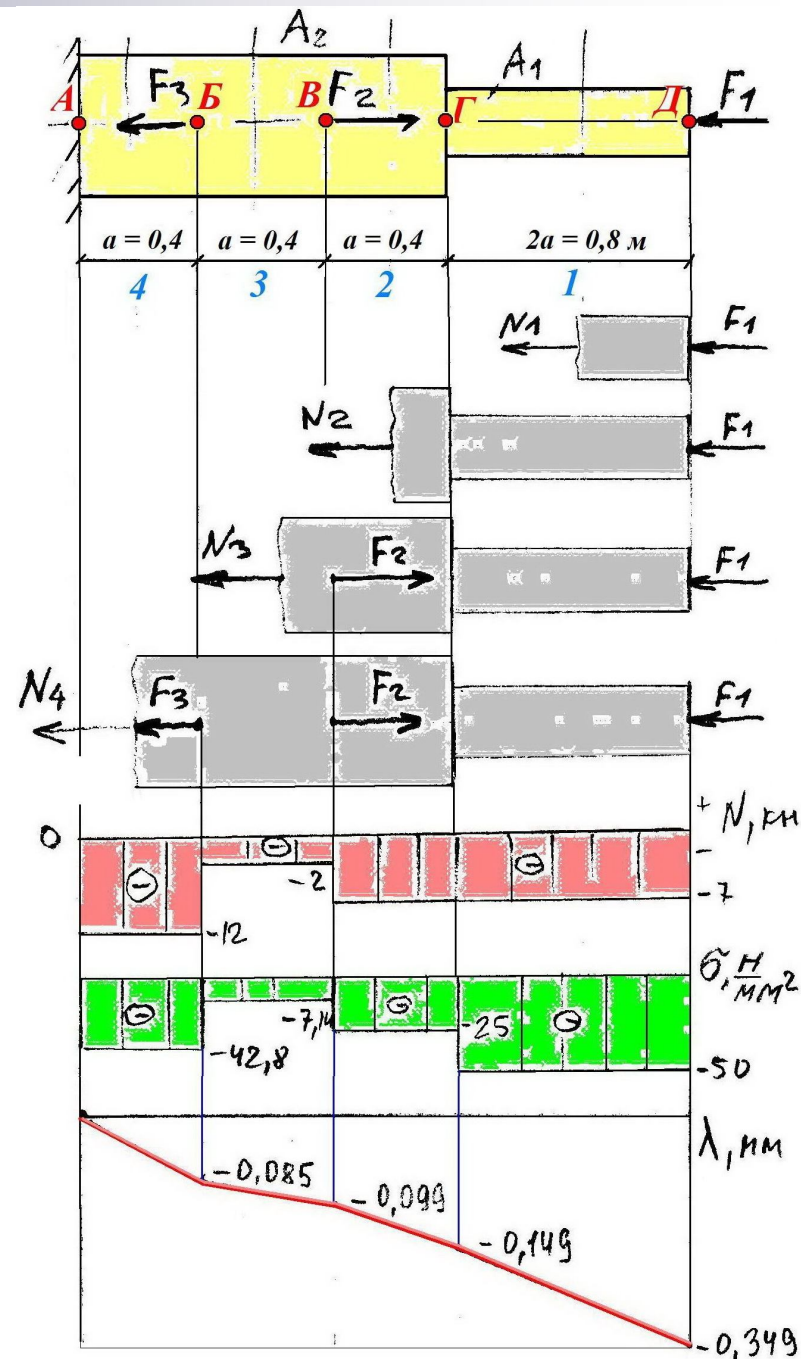
- Закон Гука $\sigma = E\varepsilon$.
- Откуда $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$.
- Относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$.
- В результате получим зависимость между нагрузкой, размерами бруса и возникающей деформацией:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}; \quad \sigma = \frac{N}{A};$$

- где Δl – абсолютное удлинение, мм;
 - σ – нормальное напряжение, МПа;
 - l – начальная длина, мм;
 - E – модуль упругости материала, МПа;
 - N – продольная сила, Н;
 - A – площадь поперечного сечения, мм²;
 - Произведение называют **жесткостью сечения**.
- $$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} \quad \text{или} \quad \Delta l = \frac{Nl}{AE},$$

Алгоритм выполнения расчетно-графической работы №3

- 1. Определяем **границы участков**.
- Границами являются поперечные сечения, в которых приложена внешняя сила и происходит изменение поперечного сечения балки (1, 2, 3, 4, 5).
- 2. **Методом сечений** определяем **продольную силу N** в пределах каждого участка.
- В **любом** месте по длине участка проводим секущую плоскость. Левую часть отбрасываем. Рассматриваем оставшуюся.
- Сколько внешних сил действует на оставшуюся часть?
- Чтобы эта часть бруса оставалась в равновесии – необходимо, чтобы **внутренние силы** были **равны внешней силе**.
- Сила, действующая от заделки – растягивающая, знак (+).
- К заделке – сжимающая, знак (-).

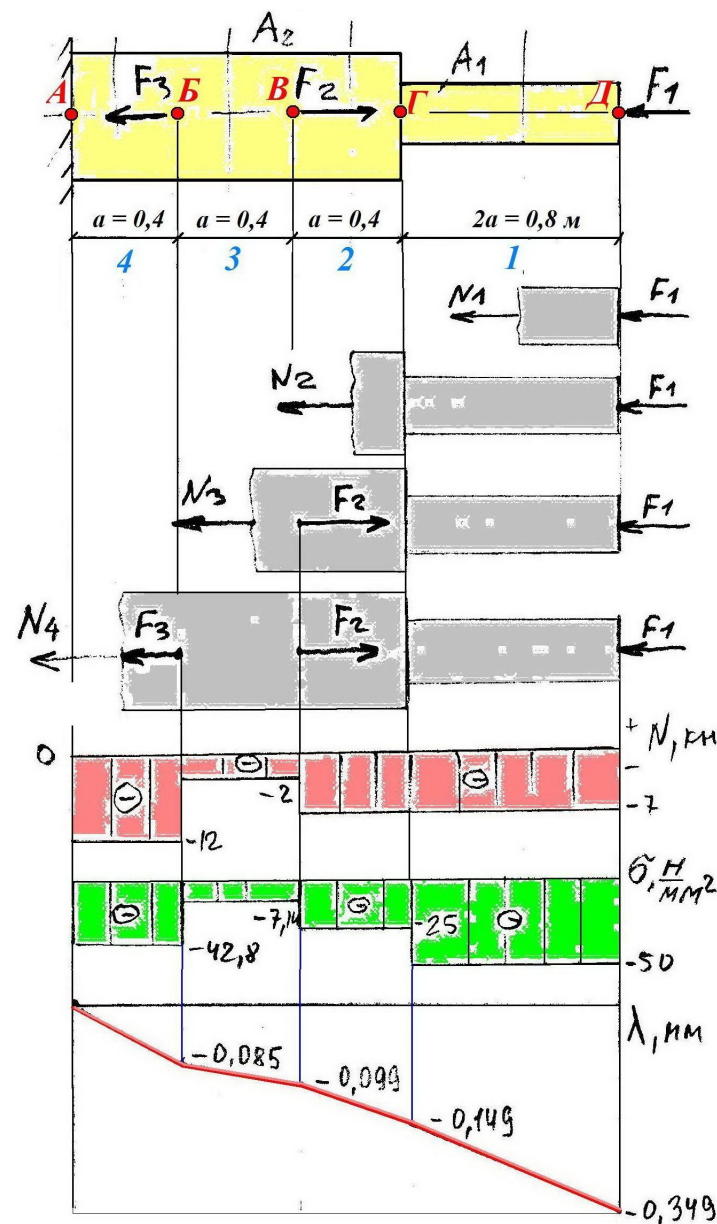


Алгоритм выполнения расчетно-графической работы №3

- 3. **Строим эпюру продольных сил** – график распределения продольной силы вдоль оси балки (N , кН).
- 4. **Определяем напряжения.**
- При деформации растяжения – сжатия возникают только нормальные напряжения, которые вычисляются по формуле:

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

- где N – продольная сила, Н,
- A – площадь поперечного сечения, мм².
- Обратите внимание на величину площади поперечного сечения A (на нескольких участках может быть одно значение площади).
- 5. **Строим эпюру нормальных напряжений.**



Алгоритм выполнения расчетно-графической работы №3

- 6. Считаем перемещения поперечных сечений балки.
- На сколько участков разделили балку?
- На каждом участке действует своя внутренняя сила под действием этой силы, каждый участок балки изменяет свою длину. Определим изменение длины каждого участка балки Δl , мм по формуле:

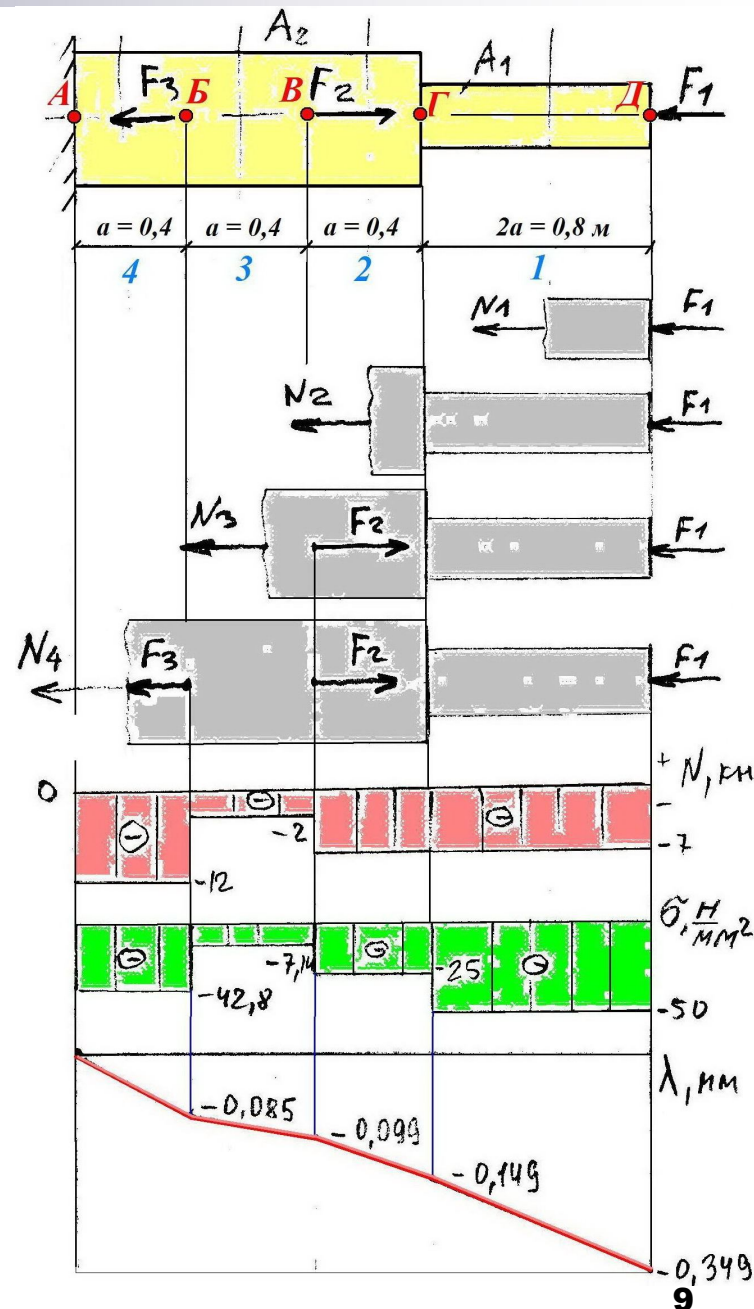
$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E}$$

$$\Delta l_1 = \frac{\sigma_1 \cdot l_1}{E} = \frac{-50 \cdot 0,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -0,2 \text{ мм}$$

$$\Delta l_2 = \frac{\sigma_2 \cdot l_2}{E} = \frac{-25 \cdot 0,4}{200} = -0,05 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = \frac{\sigma_3 \cdot l_3}{E} = \frac{-7,14 \cdot 0,4}{200} = -0,014 \text{ мм}$$

$$\Delta l_4 = \frac{\sigma_4 \cdot l_4}{E} = \frac{-42,86 \cdot 0,4}{200} = -0,085 \text{ мм}$$



Алгоритм выполнения расчетно-графической работы №3

- 7. Считаем перемещения пограничных поперечных сечений.

$$\lambda_A = 0$$

$$\lambda_B = \Delta \varphi_4 = -0,085 \text{ мм}$$

$$\lambda_B = \lambda_B + \Delta \varphi_3 = -0,085 - 0,014 = -0,099$$

$$\lambda_\Gamma = \lambda_B + \Delta \varphi_2 = -0,149 \text{ мм}$$

$$\lambda_D = \lambda_\Gamma + \Delta \varphi_1 = -0,349 \text{ мм}$$

- 8. Строим **график перемещений** пограничных поперечных сечений.

