



Модуль Юнга, коэффициент Пуассона и пр.

Щеголев Максим
Консультант по бурению

Коэффициент Пуассона

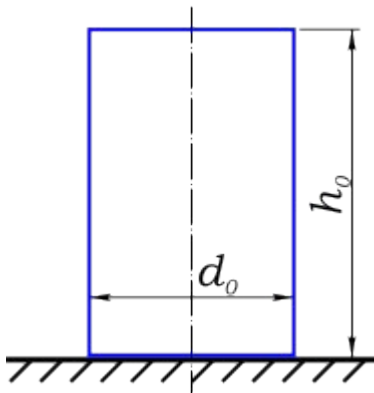
- Коэффициент Пуассона (коэффициент поперечной деформации)
- показывает зависимость между продольными и поперечными деформациями элемента, характеризует упругие свойства материала.
- Определяется отношением относительных поперечных $\varepsilon_{поп}$ и продольных $\varepsilon_{пр}$ деформаций элемента:

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_{поп}}{\varepsilon_{пр}} \right|$$

- Этот коэффициент зависит не от размеров тела, а от природы материала, из которого изготовлен образец.

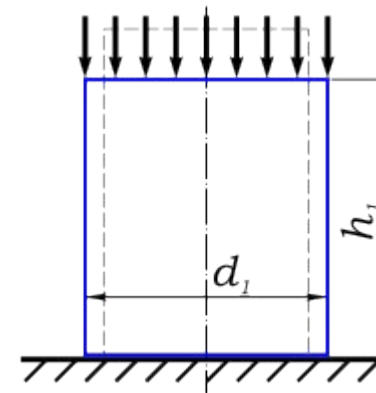
Коэффициент Пуассона

Цилиндрический образец до
нагружения:



здесь
 h_0 - начальный продольный размер;
 d_0 - начальный поперечный размер
(в данном случае - диаметр).

Цилиндрический образец после
нагружения:



здесь
 h_1 - конечный продольный размер;
 d_1 - конечный поперечный размер
(в данном случае - диаметр).

Коэффициент Пуассона

$$\begin{aligned}h_1 &= h_0 - \Delta h \\ d_1 &= d_0 + \Delta d\end{aligned}$$

здесь Δh и Δd соответственно абсолютные продольные и поперечные деформации.

Отношение абсолютных деформаций к соответствующим начальным размерам покажет относительные деформации:

$$\varepsilon_{\text{поп}} = \frac{\Delta d}{d_0};$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\Delta h}{h_0}.$$

а их отношение в свою очередь определяет коэффициент Пуассона материала цилиндра.

Значение коэффициента принимается по модулю, т.к. продольная и поперечная деформации всегда имеют противоположные знаки.

Коэффициент Пуассона

- Для абсолютно хрупкого материала коэффициент Пуассона равен 0, для абсолютно эластичного — 0,5.

Материал	Коэффициент Пуассона, ν
Сталь	0,3
Чугун	0,25
Медь	0,32
Титан	0,3
Алюминий	0,34
Бетон	0,16

- Для сталей, в зависимости от марки, этот коэффициент принимает значения от 0,27 до 0,32, для резины он примерно равен 0,5.

Модуль Юнга

- Физическая величина, характеризующая свойства материала сопротивляться растяжению/сжатию при упругой деформации, или свойство объекта деформироваться вдоль оси при воздействии силы вдоль этой оси. Она показывает степень жесткости материала и рассчитывается следующим образом:

$$E = \frac{F/S}{x/l} = \frac{Fl}{Sx},$$

где:

E — модуль упругости,

F — сила,

S — площадь поверхности, по которой распределено действие силы,

l — длина деформируемого стержня,

x — модуль изменения длины стержня в результате упругой деформации (измеренного в тех же единицах, что и длина l).

Модуль Юнга

- Учитывая то, что практически все конструкционные материалы имеют значение E высокого порядка (как правило 10^9 Па), его размерность часто записывают с помощью кратной приставки «гига» (гигапаскаль [ГПа])

Материал	Модуль Юнга E , [ГПа]
Сталь	200
Чугун	120
Алюминий	70
Титан	120
Бронза	100
Латунь	95
Медь	110
Бетон	20

- Коэффициент Пуассона и модуль Юнга полностью характеризуют упругие свойства изотропного материала.

Предел текучести (σ_T)

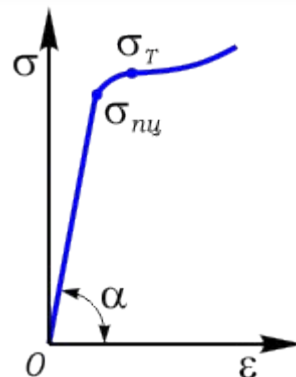
- В общем смысле – механическая характеристика материала, характеризующая напряжение, при котором деформации продолжают расти без увеличения нагрузки.

Диаграмма растяжения пластичного материала

- Обычно диаграмма растяжения является зависимостью приложенной нагрузки P от абсолютного удлинения Δl .
- Современные машины для механических испытаний позволяют записывать диаграмму в величинах напряжения σ ($\sigma = P/A_0$, где A_0 — исходная площадь поперечного сечения) и линейной деформации ε ($\varepsilon = \Delta l/l_0$).
- Такая диаграмма носит название диаграммы условных напряжений, так как при этом не учитывается изменение площади поперечного сечения образца в процессе испытания.

Предел текучести (σ_T)

- Начальный участок является линейным (т. н. участок упругой деформации)

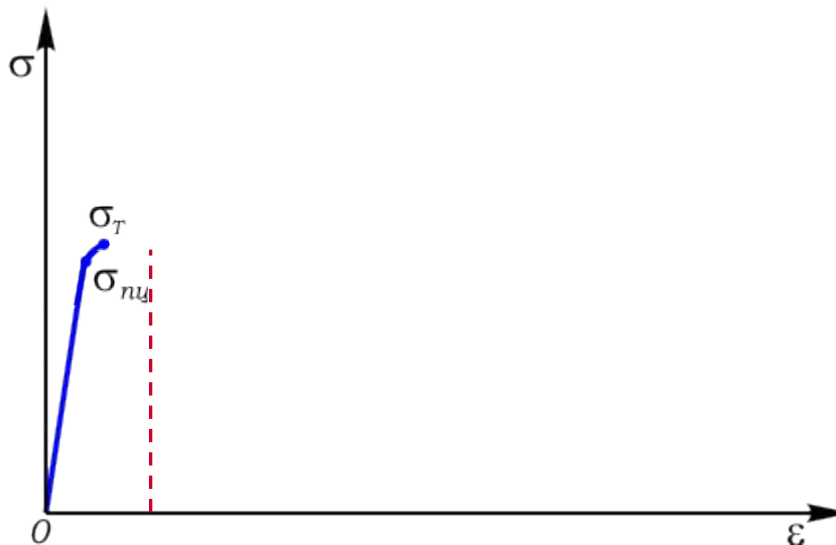


- В этом случае модуль Юнга равен отношению нормальных напряжений к соответствующим относительным деформациям, на участке диаграммы до предела пропорциональности $\sigma_{пц}$ (тангенсу угла α наклона участка пропорциональности к оси деформаций ϵ).

$$E = \sigma / \epsilon = \operatorname{tg} \alpha$$

Предел текучести (σ_T)

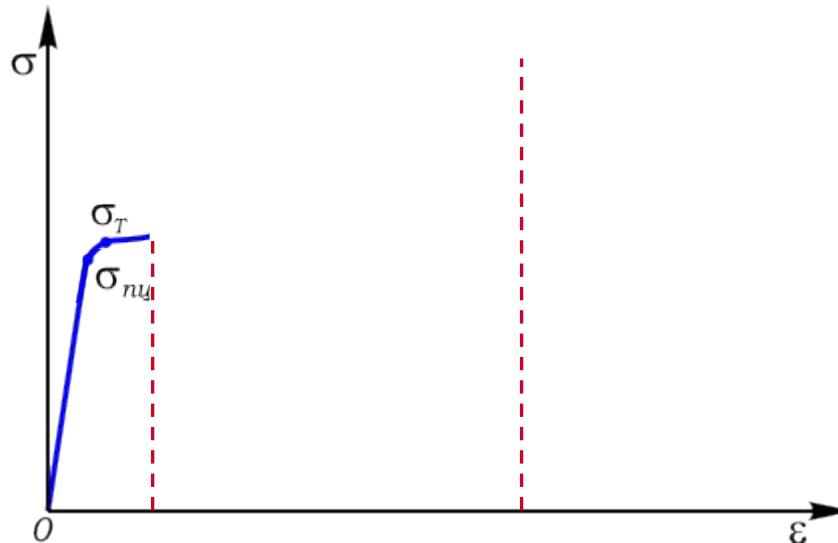
- Следующий участок диаграммы описывает упругое поведение образца иного рода: после снятия нагрузки образец приобретает начальную форму медленнее скорости звука.



- Конец указанного участка диаграммы – предел текучести.
- Затем образуется площадка предела текучести в пределах которой дальнейшая деформация происходит без роста напряжения .

Предел текучести (σ_T)

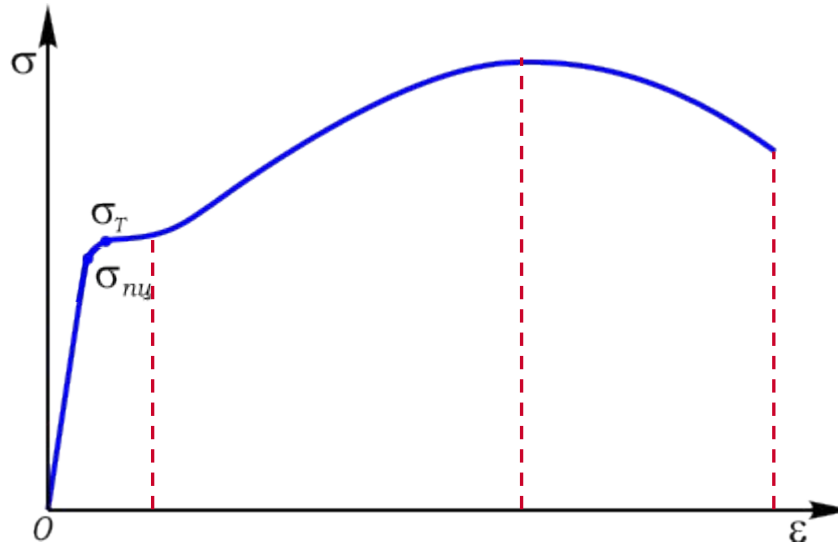
- После достижения конца площадки текучести (деформация порядка 2 — 2,5 %) начинается деформационное упрочнение (участок упрочнения), видимое на диаграмме, как рост напряжения с ростом деформации.



- После достижения точки предела прочности начинает образовываться т. н. «шейка» — область сосредоточенной деформации. Расположение «шейки» зависит от однородности геометрических размеров образца и качества его поверхности. Как правило, «шейка» и, в конечном счёте, место разрушения расположено в наиболее слабом сечении.

Предел текучести (σ_T)

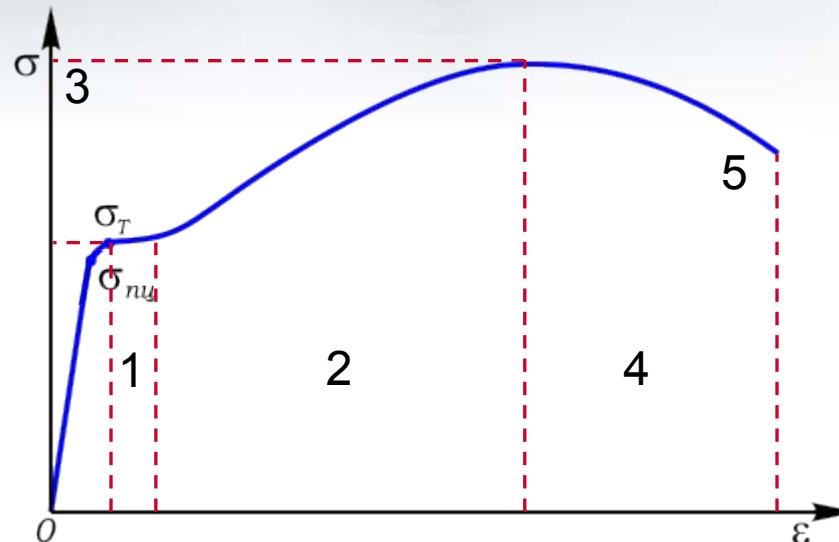
- Соответствующий (последний) участок диаграммы называют зоной местной текучести, так как пластические деформации продолжают интенсивно развиваться только в области шейки (за счёт локального уменьшения площади поперечного сечения образца).



- Последняя точка на диаграмме - точка разрушения образца.

Предел текучести (σ_T)

Основные точки, пределы и зоны.



$\sigma_{пц}$ - Предел пропорциональности

σ_T - Предел текучести (конец зоны упругой деформации). В реальности значения предела текучести выше, чем предел упругости примерно на 5%.

1 - Площадка предела текучести (начало зоны пластической деформации)

2 - Область деформационного упрочнения

3 - Предел прочности (временное сопротивление разрушению)

4 - Образование шейки на образце

5 - Точка разрушения