

# Металлические конструкции

Краткая история развития металлических конструкций

Номенклатура и область применения металлических конструкций

Достоинства и недостатки стальных конструкций

Механические свойства металлов

Понятие "**металлические конструкции**" включает в себя их конструктивную форму, технологию изготовления и способы монтажа.

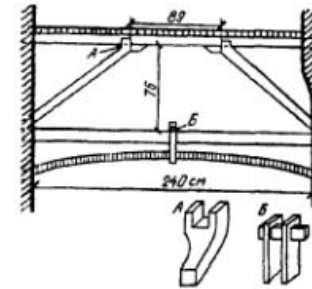
Уровень развития металлических конструкций определяется:

- потребностями в них народного хозяйства,
- возможностями технической базы: развитием металлургии, металлообработки, строительной науки и техники.

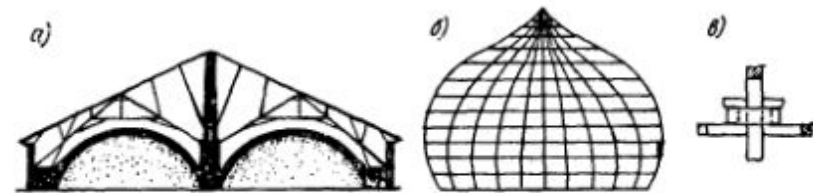
# Краткая история развития металлических конструкций

## Первый этап (с XII до середины XIX)

- (с XII до начала XVII в.) применение металла в уникальных по тому времени сооружениях (дворцах, церквях и т.п.) в виде затяжек и скреп для каменной кладки;



- (с начала XVII до конца XVIII в.) применение наклонных металлических стропил и пространственных купольных конструкций ("корзинок") глав церквей;

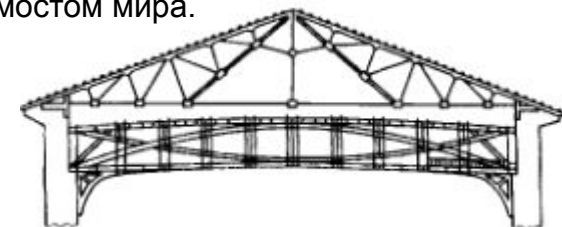


Металлические конструкции XVII в.

а — наклонные стропила; б — каркас купола; в — узел каркаса

- (с начала XVIII до середины XIX в.) освоение процесса литья чугунных стержней и деталей. Строятся чугунные мосты и конструкции перекрытий гражданских и промышленных зданий.

В 50-е годы XIX в. в Петербурге был построен Николаевский мост с восемью арочными пролетами от 33 до 47 м, являющийся самым крупным чугунным мостом мира.



## Второй этап (с 30-х годов XIX в. до 40-х годов XX в.)

Связан с быстрым техническим прогрессом во всех областях техники того времени и, в частности, в металлургии и металлообработке.

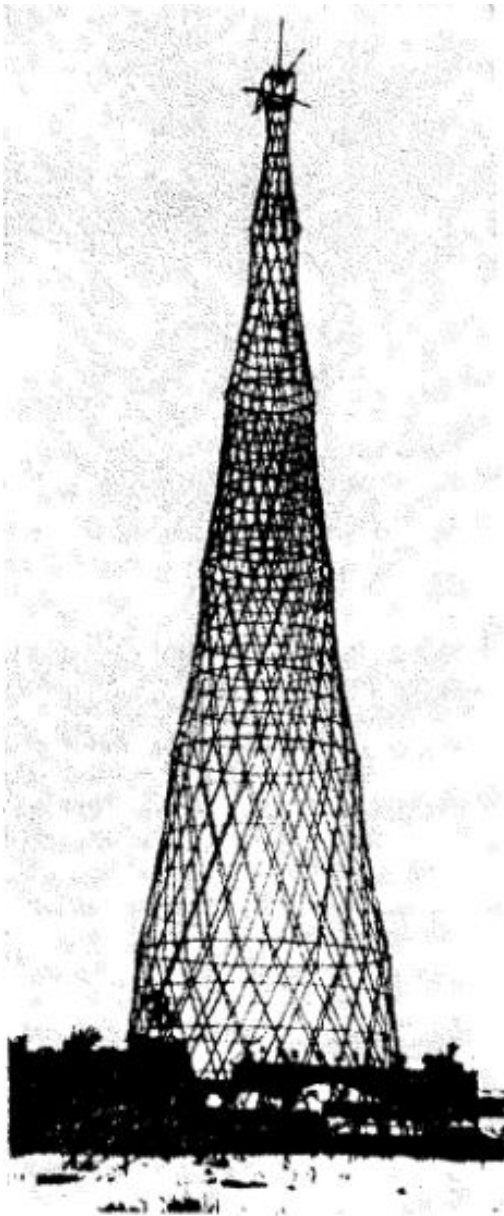
В 30-х годах XIX в. появились **заклепочные соединения**, чему способствовало изобретение дыропробивного пресса;

В 40-х годах был освоен процесс получения **профильного металла и прокатного листа**.

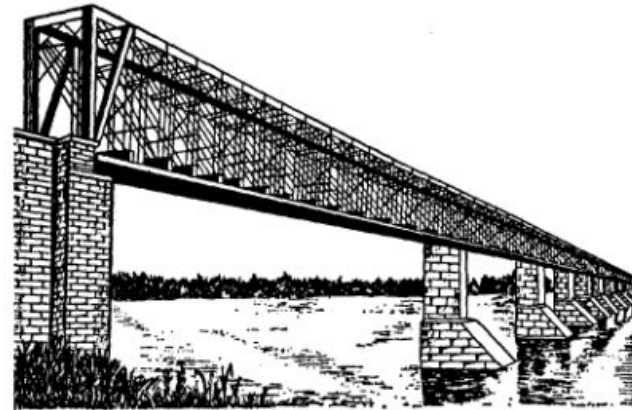
В течение ста последующих лет все стальные конструкции изготавливались **клепаными**.

**Сталь** почти полностью **вытеснила** из строительных конструкций **чугун**, будучи материалом более совершенным по своим свойствам (в особенности при работе на растяжение) и лучше поддающимся контролю и механической обработке.

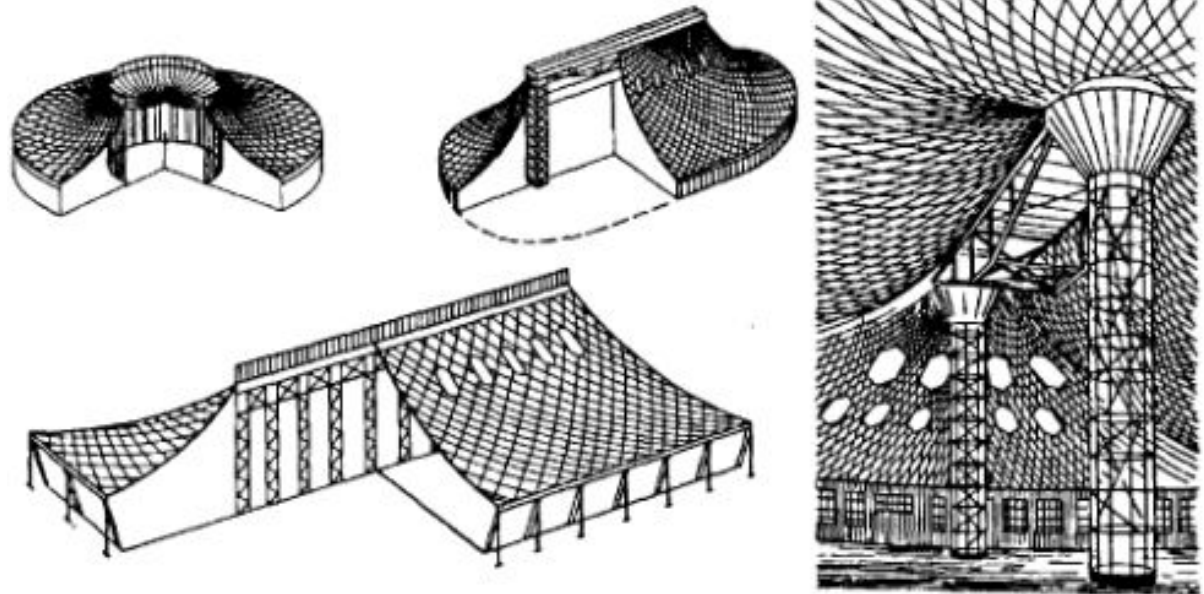
Большой вклад в дальнейшее развитие металлических конструкций в конце XIX и начале XX в. и распространение опыта, накопленного в мостостроении, на металлические конструкции гражданских и промышленных зданий внесли **Л.Д. Проскуряков, Ф.С. Ясинский, В.Г. Шухов** и **И.П. Прокофьев**.



Башня В.Г.Шухова в Москве



Сызранский мост через Волгу (1879)



Висячие сетчатые покрытия на Нижегородской выставке (1896)

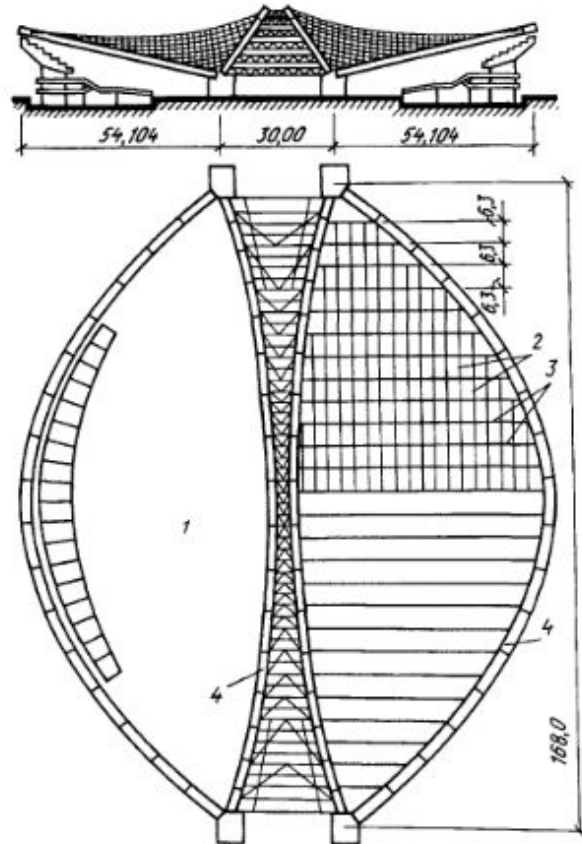
## Третий этап (с 40-х годов XX в.)

К концу 40-х годов **клепанные конструкции** были почти полностью **заменены сварными**, более легкими, технологичными и экономичными.

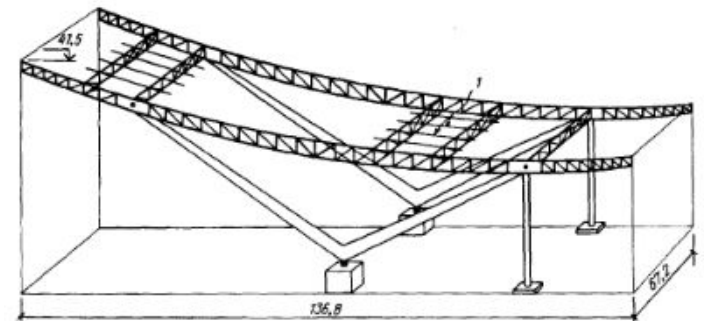
В мощную отрасль индустрии выросла производственная база металлических конструкций. Объем металлических конструкций за период с 1930 по 1980) увеличился более чем в 20 раз.

Чрезвычайно расширилась номенклатура металлических конструкций и возросло разнообразие их конструктивных форм. качества металлических конструкций был вызван развитием всех ведущих отраслей народного хозяйства, грандиозным размахом промышленного и гражданского строительства.

Большие и многообразные задачи по развитию металлических конструкций решались усилиями проектных, научных и производственных коллективов.



Покрытие седловидными мембранами целотрека в Москве  
 1 — металлическая мембрана; 2, 3 — элементы постели; 4 — металлические арки



Конструкция выставочного павильона СССР в Монреале (1967)  
 1 — прогоны

Успехи в развитии металлических конструкций за советский период достигнуты благодаря творческим усилиям коллективов проектных и научных организаций, возглавляемых ведущими профессорами и инженерами. Особенно значительны заслуги Героя Социалистического Труда, члена-корреспондента АН СССР, профессора **Н. С. Стрелецкого** (1885—1967 гг.), возглавлявшего в течение 50 лет советскую конструкторскую школу металлостроения.

Герой Социалистического Труда, действительный член АН УССР **Е. О. Патон** (1870—1953 гг.), также внесший свой вклад в развитие металлического мостостроения, имеет исключительные заслуги в области механизации и автоматизации электродуговой сварки, что явилось важным техническим достижением советской школы сварщиков.

Е. О. Патон в 1928 г. организовал в Киеве при АН УССР Научно-исследовательский институт электросварки (ныне ИЭС им. Е. О. Патона).

Значительный вклад в развитие металлических конструкций внес академик **Н. П. Мельников**, много лет руководивший ЦНИИПроектстальконструкцией.



## Номенклатура и область применения металлических конструкций

**Металлические конструкции применяются** сегодня во всех видах зданий и инженерных сооружений, особенно **если необходимы значительные пролеты, высота и нагрузки.**

В зависимости от конструктивной формы и назначения **металлические конструкции можно разделить на восемь видов.**

1. Промышленные здания.
2. Большепролетные покрытия зданий.
3. Мосты и эстакады.
4. Листовые конструкции.
5. Башни и мачты.
6. Каркасы многоэтажных зданий.
7. Крановые и другие подвижные нагрузки.
8. Прочие конструкции.

## Достоинства и недостатки стальных конструкций

**Металлические конструкции обладают следующими достоинствами, позволяющими применять их в разнообразных сооружениях.**



**Надежность** – металлических конструкций обеспечивается **близким совпадением их действительной работы** (*распределение напряжений и деформаций*) с **расчетными предположениями**. Материал металлических конструкций (сталь, алюминиевые сплавы) **обладает большой однородностью структуры** и достаточно близко соответствует расчетным предпосылкам об упругой или упругопластической работе материала.



**Легкость.** Из всех несущих конструкций **МК являются наиболее легкими. Легкость конструкций** ( $C$ ) определяется отношением плотности материала ( $\rho$ ) к его расчетному сопротивлению ( $R$ ):  $C = \rho/R$  ( $1/м$ )

*МК -  $3,7 \cdot 10^{-4}$  ( $1/м$ )*

*Высокопрочная сталь -  $1,7 \cdot 10^{-4}$  ( $1/м$ )*

*Дюралюминь марки Д16-Т -  $1,1 \cdot 10^{-4}$  ( $1/м$ )*

*Бетон -  $1,85 \cdot 10^{-3}$  ( $1/м$ )*

*Дерево -  $5,4 \cdot 10^{-4}$  ( $1/м$ )*



**Индустриальность.** МК в основной своей массе изготавливаются на заводах, оснащенных современным оборудованием, что обеспечивает высокую степень индустриальности их изготовления. Монтаж МК также производится индустриальными методами — специализированными организациями с использованием высокопроизводительной техники.



**Непроницаемость.** Металлы обладают не только значительной прочностью, но и высокой плотностью — непроницаемостью для газов и жидкостей. Плотность металла и его соединений, осуществляемых с помощью сварки, является необходимым условием для изготовления газгольдеров, резервуаров и т. п.



**Ремонтопригодность.** Применительно к стальным конструкциям наиболее просто решаются вопросы усиления, технического перевооружения и реконструкции. С помощью сварки вы можете легко прикрепить к элементам существующего каркаса новое технологическое оборудование, при необходимости усилив эти элементы, что также делается достаточно просто.



**Сохраняемость металлического фонда.** Стальные конструкции в результате физического и морального износа изымаются из эксплуатации, переплавляются и снова используются в народном хозяйстве.

Металлические конструкции имеют и **недостатки**, ограничивающие их применение. По нейтрализации этих недостатков необходимы специальные меры.

- ✂ **Коррозия.** Не защищенная от действия влажной атмосферы, а иногда (что еще хуже) атмосферы, загрязненной агрессивными газами, сталь корродирует (окисляется), что постепенно приводит к ее полному разрушению. При неблагоприятных условиях это может произойти через два-три года. Хотя **алюминиевые сплавы** обладают значительно большей стойкостью против коррозии, при неблагоприятных условиях они также корродируют. Хорошо сопротивляется коррозии чугун; Повышение коррозионной стойкости МК достигается включением в сталь специальных легирующих элементов, периодическим покрытием конструкций защитными пленками (лаки, краски и т. п.), а также выбором рациональной конструктивной формы элементов (без щелей и пазух, где могут скапливаться влага и пыль), удобной для очистки и защиты
- ✂ **Небольшая огнестойкость.** У стали при  $t = 200^{\circ}\text{C}$  начинает уменьшаться модуль упругости, а при  $t = 600^{\circ}\text{C}$  сталь полностью переходит в пластическое состояние. **Алюминиевые сплавы** переходят в пластическое состояние уже при  $t = 300^{\circ}\text{C}$ . Поэтому МК зданий, опасных в пожарном отношении (склады с горючими или легковоспламеняющимися материалами, жилые и общественные здания), должны быть защищены огнестойкими облицовками (бетон, керамика, специальные покрытия и т. п.).

## Механические свойства металлов

Надежность и долговечность МК во многом зависят от свойств материала. Наиболее важными для работы конструкций являются механические свойства:

**Прочность** характеризует сопротивляемость материала внешним силовым воздействиям без разрушения.

**Упругость** — свойство материала восстанавливать свою первоначальную форму после снятия внешних нагрузок.

**Пластичность** — свойство материала сохранять деформированное состояние после снятия нагрузки, т.е. получать остаточные деформации без разрушения.

**Хрупкость** — способность разрушаться при малых деформациях.

**Ползучесть** — свойство материала непрерывно деформироваться во времени без увеличения нагрузки.

**Твердость** — свойство поверхностного слоя металла сопротивляться упругой и пластичной деформациям или разрушению при внедрении в него индентора из более твердого материала.

Прочность металла при статическом нагружении, а также его упругие и пластические свойства определяются испытанием стандартных образцов (прямоугольного или круглого сечения) на растяжение с записью диаграммы зависимости между напряжением  $\sigma$  и относительным удлинением  $\varepsilon$ , где  $\sigma = F/A$ ;  $\varepsilon = (\Delta l / l_0) 100\%$ ;  
 $F$  - нагрузка;  
 $A$  - первоначальная площадь поперечного сечения образца;  
 $l_0$  - первоначальная длина рабочей части образца;  
 $\Delta l$  - удлинение рабочей части образца

Диаграммы растяжения различных металлов показаны на рис.1. б

Основными прочностными характеристиками металла являются **временное сопротивление**  $\sigma_u$  и **предел текучести**  $\sigma_y$ .

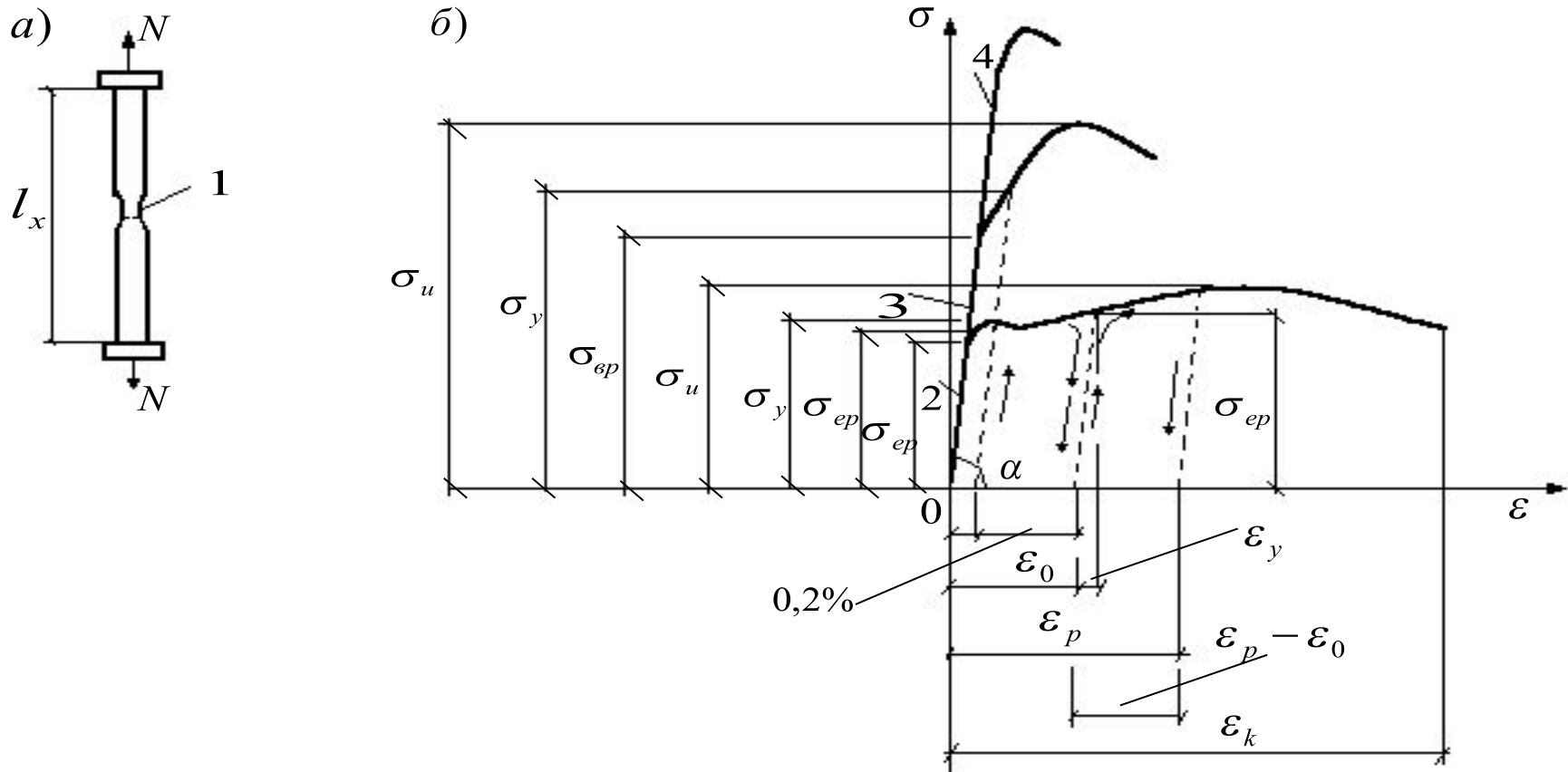


Рисунок 1.

**Испытание на растяжение.** а- стандартный образец; б- диаграмма зависимости между напряжением и относительным удлинением; 1- образование “шейки”; 2- сталь обычной прочности; 3- низколегированная сталь ; 4- высокопрочная сталь.

**Временное сопротивление**  $\sigma_u$  — это наибольшее условное напряжение в процессе разрушения образца (предельная разрушающая нагрузка, отнесенная к первоначальной площади поперечного сечения)..

**Предел текучести**  $\sigma_y$  — напряжение, при котором деформации образца растут без изменения нагрузки и образуется площадка текучести — металл "течет".

Для металлов, не имеющих площадки текучести, определяется **условный предел текучести**  $\varepsilon_{0,2}$ , т.е. такое напряжение, при котором остаточное относительное удлинение достигает 0,2%.



**Мерой пластичности** материала служит относительное остаточное удлинение при разрыве  $\varepsilon$ . Перед разрушением в образце в месте разрыва образуется "шейка", поперечное сечение образца уменьшается, и в зоне шейки развиваются большие местные пластические деформации. Относительное удлинение при разрыве складывается из равномерного удлинения на всей длине образца  $\varepsilon_{\text{равн}}$  и локального удлинения в зоне шейки  $\varepsilon_{\text{лок}}$ . Последнее зависит от размеров и формы образца, наличия местных дефектов и других случайных факторов, поэтому более показательной характеристикой пластичности является равномерное относительное удлинение  $\varepsilon_{\text{равн}}$ . Мерой пластичности может служить также относительное сужение при разрыве.

Упругие свойства материала определяются **модулем упругости**  $E = \operatorname{tg} \alpha$  где  $\alpha$  — угол наклона линии деформирования металла к оси абсцисс, и пределом упругости  $\sigma_{ep}$ , т.е. таким максимальным напряжением, при котором деформации после снятия нагрузки исчезают.

Несколько ниже  $\sigma_{ep}$  находится предел пропорциональности  $\sigma_{el}$  - напряжение, до которого материал работает **линейно по закону Гука:**

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