

# Лекция 3

## Центральное растяжение и сжатие стержня



**3.1** Понятие о центральном растяжении и сжатии стержня. Продольная сила

**3.2** Напряжения в сечениях стержня

**3.3** Деформации. Закон Гука

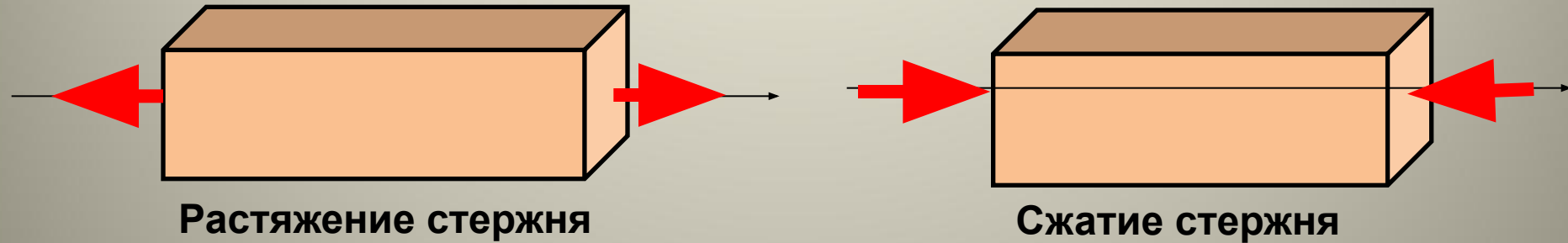
**3.4** Виды расчетов

**3.5** Проверочный тест



# 1.1 Понятие о центральном растяжении и сжатии стержня. Продольная сила

**Центральное растяжение (сжатие)** – такой вид нагружения стержня, при котором стержень нагружен силами параллельными оси стержня и приложенными в центре тяжести сечения.



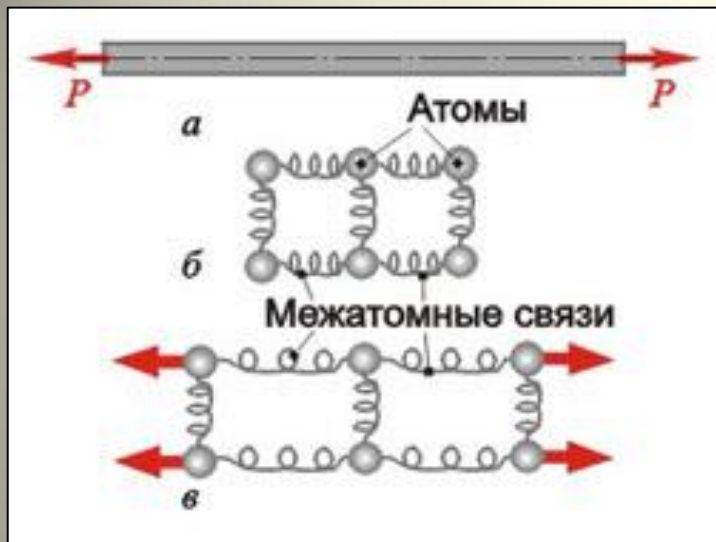
## Гипотеза Бернулли о плоских сечениях

Поперечные сечения, плоские и нормальные к оси стержня до приложения к нему нагрузки, остаются плоскими и нормальными к его оси в деформированном состоянии; при изгибе сечения поворачиваются не искривляясь.

## Принцип Сен-Венана

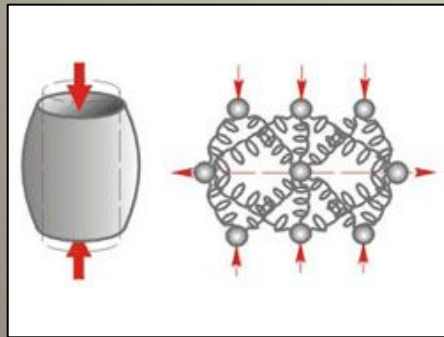
В сечениях, достаточно удаленных от мест приложения внешней нагрузки, деформация тела не зависит от способа нагружения и определяется только статическим эквивалентом нагрузки.





Жесткие и прочные межатомные связи, соединяющие атомы недеформированного тела, при растяжении создают большие **внутренние силы** противодействия внешней нагрузке, стремящиеся сохранить тело как единое целое.

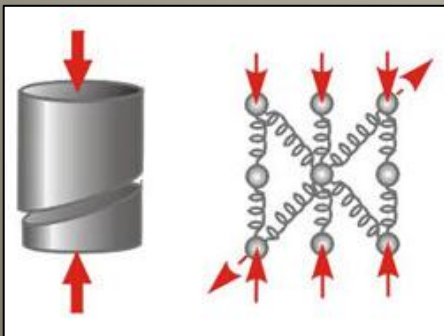
Под действием внешних сил частицы (атомы) материала, из которого сделана конструкция, будут перемещаться, и перемещение частиц под нагрузкой будет продолжаться, пока между внешними и внутренними силами не установится равновесие.



При сжатии межатомные расстояния под нагрузкой уменьшаются, межатомные силы отталкивания растут, и конструкция стремится освободиться от запасенной энергии, переводя ее в работу "выскальзывания" атомов из-под нагрузки куда-либо в боковом направлении.

В результате разрушение различных конструктивных элементов происходит по-разному, что определяется материалом конструкции и, главное, формой и пропорциями конструктивных элементов.

Короткие и "толстые" стержни из пластичного материала при сжатии принимают бочкообразную форму ("сплющиваются").



Стержни из более упругого (хрупкого) материала разрушаются с образованием трещины поперек стержня, и обе его части "проскальзывают" друг относительно друга.

Совершенно иначе теряют несущую способность при нагружении сжатием вдоль оси длинные и тонкие элементы конструкции, широко распространенные в самолетостроении. При сжатии упругое тело (длинный стержень, тонкая пластина, панель) сохраняет начальную (неизогнутую) форму равновесия до некоторого значения *сжимающей силы*  $P_{кр}$ , называемой *критической*.

При небольшом превышении критической силы (и, соответственно, *критических напряжений*  $\sigma_{кр}$ ) возникают значительные деформации стержня, который не разрушается, а только упруго изгибается и переходит к другой (изогнутой) форме равновесия.

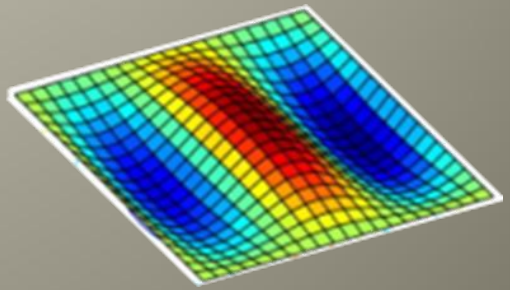
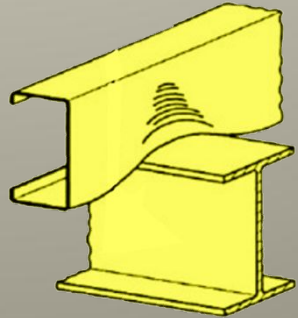
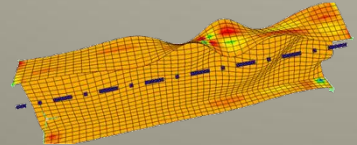
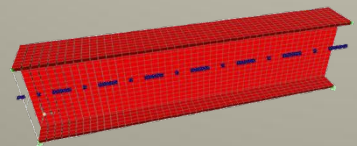
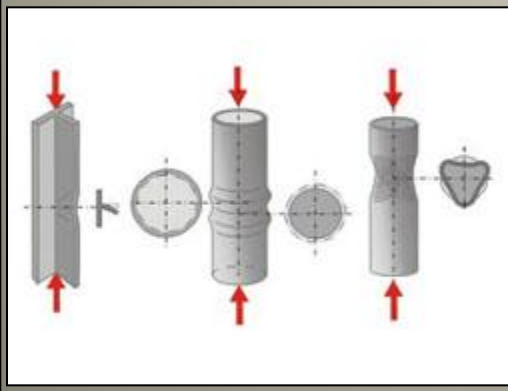
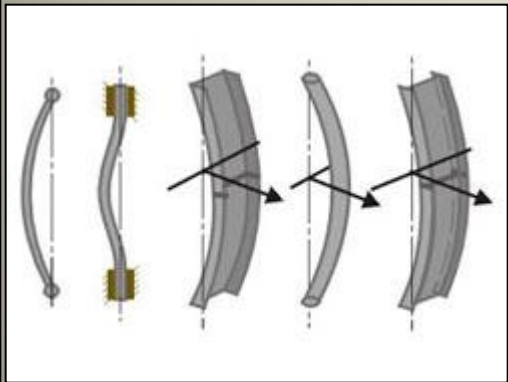
Если при этом не был достигнут "предел упругости", т. е. напряжения в стержне меньше напряжений предела пропорциональности, то при снятии нагрузки стержень возвращается в исходное состояние.

Л. Эйлер показал, что нагрузка, при которой стержень данной длины и площади поперечного сечения теряет устойчивость зависит только от формы поперечного сечения, модуля упругости (жесткости) материала и условий закрепления концов стержня при нагружении.

При дальнейшем увеличении нагрузки изогнутый стержень разрушается. Такой вид потери несущей способности называется *общей потерей устойчивости*.

При отсутствии общей потери устойчивости (ось тонкостенного элемента конструкции прямолинейна, не деформирована) нагруженная сжатием конструкция может выйти из строя из-за *местных деформаций* отдельных участков.

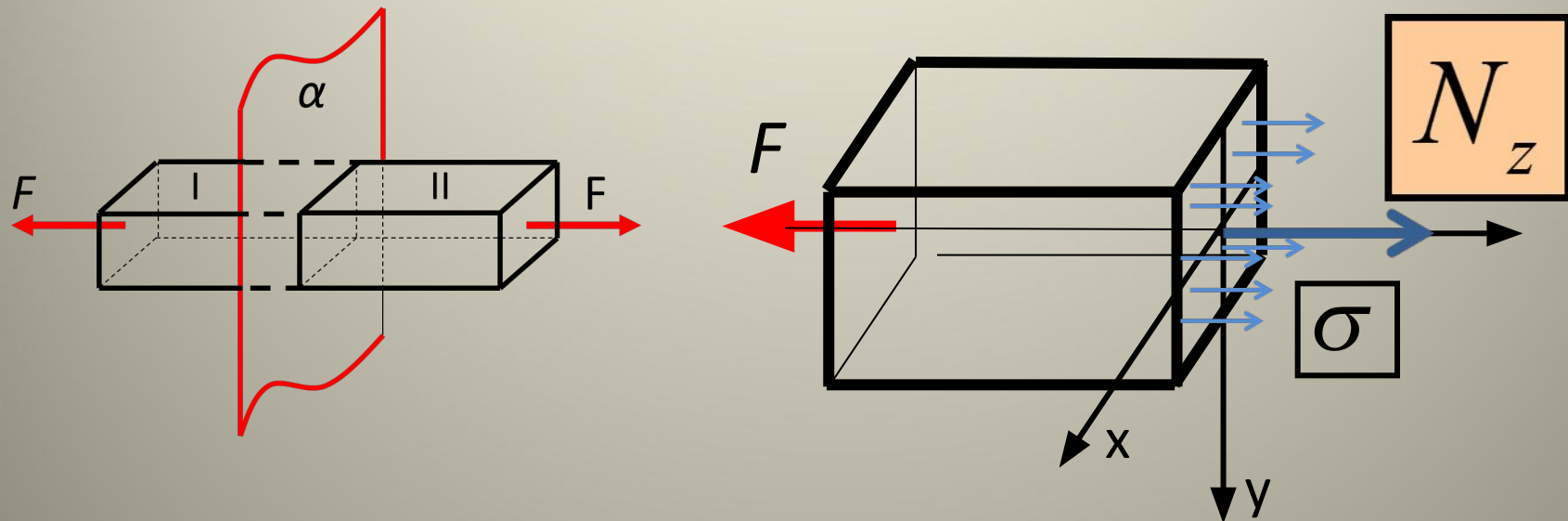
Такой вид потери несущей способности называется *местной потерей устойчивости*.



В поперечных сечениях стержня при центральном растяжении и сжатии из шести внутренних силовых факторов возникает только один- **продольная (осевая) сила  $N_z$**

**Продольная сила  $N_z$**  – это внутреннее усилие; представляет собой равнодействующую элементарных внутренних нормальных сил, равномерно распределенных по площади поперечного сечения.

Для определения продольной силы применяется **метод сечений**.



**Продольная сила  $N_z$**  в произвольном поперечном сечении стержня численно равна алгебраической сумме всех действующих внешних сил, приложенных по одну сторону от рассматриваемого поперечного сечения :

$$N_z = \sum_{i=1}^{k_1} F_i \Big|_{\text{слева}} = \sum_{i=1}^{k_2} F_i \Big|_{\text{справа}}$$

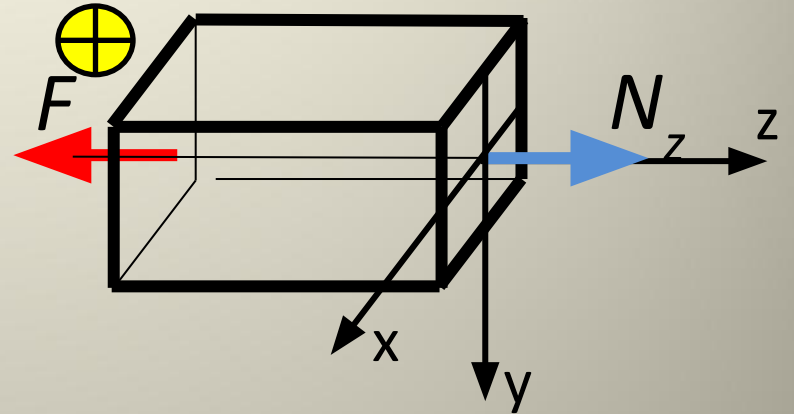
$$N_z = \sum_{i=1}^k F_i$$



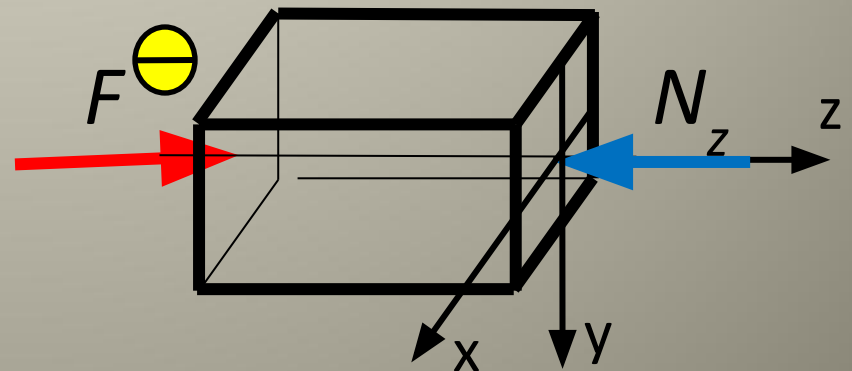
# ПРАВИЛО ЗНАКОВ:

$$N_z = \sum_{i=1}^k F_i$$

- если внешняя сила  $F$  направлена от рассматриваемого сечения, то ее необходимо подставлять в формулу со знаком «+»

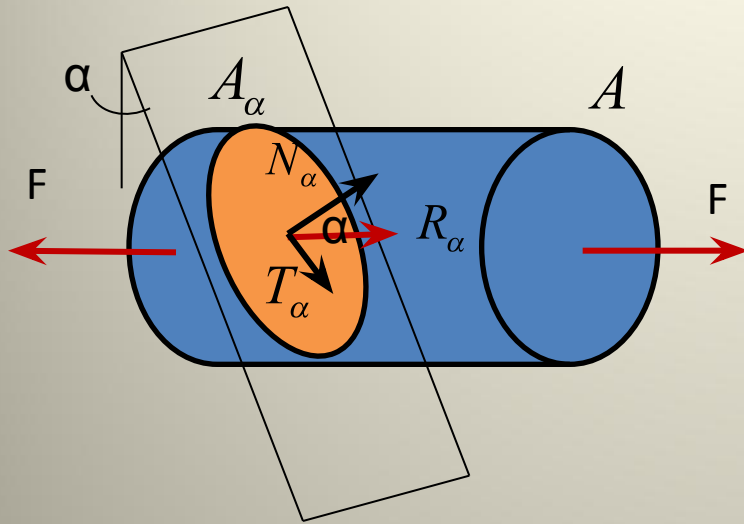


- если внешняя сила  $F$  направлена к рассматриваемому сечению, то ее необходимо подставлять в формулу со знаком «-»



## 3.2 Напряжения в сечениях стержня

### Наклонное сечение стержня



$$R_{\alpha} = F$$

$$N_{\alpha} = R_{\alpha} \cdot \cos \alpha$$

$$T_{\alpha} = R_{\alpha} \cdot \sin \alpha$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{A_{\alpha}} = \frac{R_{\alpha} \cos \alpha}{\frac{A}{\cos \alpha}} = \sigma \cos^2 \alpha$$

$$\tau_{\alpha} = \frac{T_{\alpha}}{A_{\alpha}} = \frac{R_{\alpha} \sin \alpha}{\frac{A}{\cos \alpha}} = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

если  $\alpha = 90^{\circ}$   $\sigma = 0$   $\tau = 0$

если  $\alpha = 45^{\circ}$   $\tau_{\max} = \frac{\sigma}{2}$   $\sigma = \frac{\sigma}{2} = \tau_{\max}$

если  $\alpha = 0^{\circ}$   $\sigma = \sigma_{\max}$   $\tau = 0$

Поперечное сечение





## Поперечное сечение стержня

### Статическая сторона задачи

Продольная сила является равнодействующей нормальных напряжений.

*Напряжение- мера интенсивности внутренних усилий (определяет степень нагруженности материала)*

$$N_z = \int \sigma dA$$

### Геометрическая сторона задачи

На основании гипотезы плоских сечений (гипотезы Бернулли) все волокна стержня получают одинаковые относительные удлинения ( $\varepsilon = \text{const}$ )

$$\varepsilon = \text{const}$$

### Физическая сторона задачи

Нормальные напряжений распределяются по поперечному сечению равномерно.

Нормальные напряжений прямо пропорциональны относительной деформации

$$\sigma = E \varepsilon$$

$$N_z = \int_A E \varepsilon dA = E \varepsilon \int_A dA = \sigma A$$



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





В поперечных сечениях стержня при центральном растяжении и сжатии возникают **нормальные напряжения**

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

Данная формула справедлива для сечений, удаленных от места приложения сосредоточенных нагрузок на расстояние, превышающее в 1,5-2 раза поперечные размеры сечения

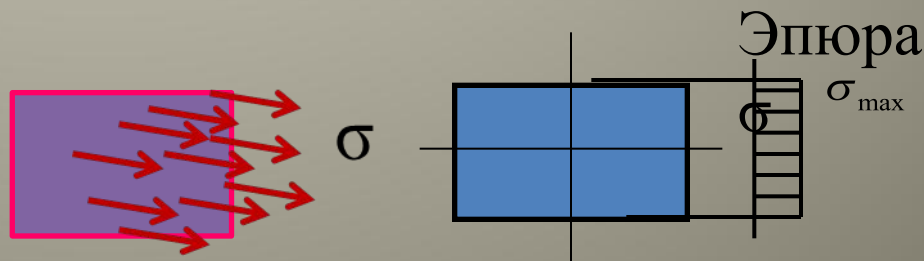
где  $N_z$  - продольная сила, возникающая в поперечном сечении стержня, в котором определяется нормальное напряжение,  $H$ ;

$A$  - площадь поперечного сечения стержня, в котором определяется напряжение,  $m^2$ .

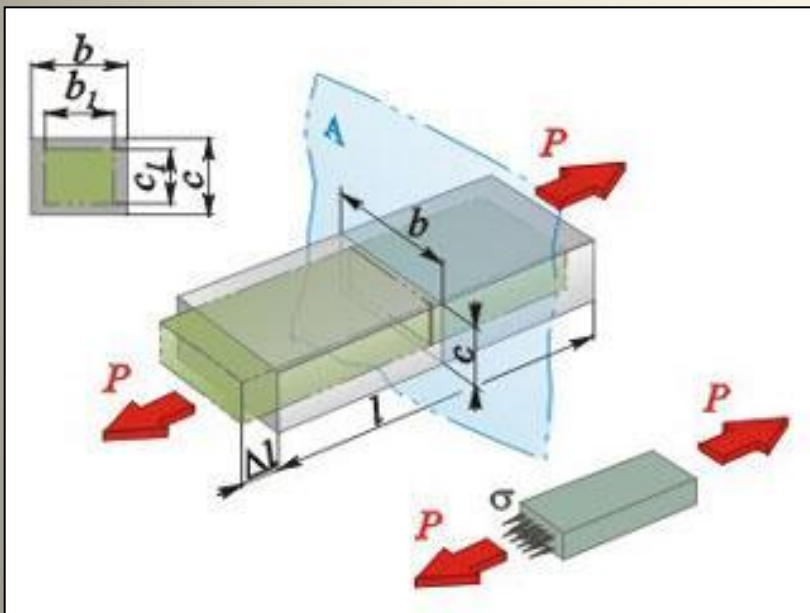
Вектор нормального напряжения расположен перпендикулярно к плоскости поперечного сечения.

Знак нормального напряжения совпадает со знаком продольной силы в этом поперечном сечении.

Нормальные напряжения равномерно распределены по площади поперечного сечения и одинаковы по величине и знаку. Следовательно, все точки поперечного сечения **равноопасны**.



# 3.3 Деформации. Закон Гука



$$\Delta l = l_1 - l$$

абсолютная продольная деформация

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

относительная продольная деформация

$$\Delta b = b_1 - b$$

абсолютная поперечная деформация

$$\Delta c = c_1 - c$$

$$\varepsilon' = \frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta c}{c}$$

относительная поперечная деформация

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$$

Коэффициент Пуассона

Материал	$\mu$
Сталь	0,25-0,33
Медь, бронза	0,31-0,35
Чугун	0,23-0,27
Бетон	0,08-0,18
Древесина вдоль волокон	0,5
поперек волокон	0,02
Алюминий	0,32-0,36
Резина, каучук	0,47-0,5





**ПУАССОН (Poisson) Симеон Дени  
(1781-1840)**

**Французский учёный, член Парижской АН (1812), почётный член Петербургской АН (1826). По окончании в 1800 г. Политехнической школы в Париже работал там же (с 1806 г. профессор). С 1809 г. – профессор Парижского университета.**

**Труды Пуассона относятся к теоретической и небесной механике, математике и математической физике. Он впервые записал уравнения аналитической механики в составляющих импульса.**

**Решил ряд задач теории упругости, ввёл коэффициент Пуассона и обобщил уравнения теории упругости на анизотропные тела.**

**В области небесной механики исследовал устойчивость движения планет Солнечной системы, занимался решением задач о возмущениях планетных орбит и о движении Земли вокруг её центра тяжести.**

**В теории потенциала ввёл уравнение Пуассона и применил его к решению задач по гравитации и электростатике.**

**Пуассону принадлежат работы по интегральному исчислению, исчислению конечных разностей, теории дифференциальных уравнений с частными производными, теории вероятностей, где он доказал частный случай больших чисел закона и одну из предельных теорем. Исследовал вопросы теплопроводности, магнетизма, капиллярности, распространения звуковых волн и баллистики. Был убеждённым сторонником атомизма П.С. Лапласа.**

В пределах упругих деформаций **нормальное напряжение  $\sigma$**  прямо пропорционально относительной продольной деформации.

$$\sigma = E \varepsilon \quad - \text{Закон Гука}$$

где  $E$  – **модуль нормальной упругости** (модуль упругости первого рода или модуль Юнга), Па.

За счет изменения формы и размеров любая конструкция сопротивляется (создает силы противодействия) внешним нагрузкам.

При достаточно больших внешних нагрузках (и, как следствие, больших внутренних напряжениях) межатомные связи материала могут быть разорваны, что приведет к разрушению конструкции.

Конструкция должна быть спроектирована так, чтобы она не разрушилась под нагрузкой. Деформации (перемещения), которые неизбежно возникают в конструкции под нагрузкой, должны быть вполне определенными и достаточно малыми, поскольку выбранные размеры и форма элементов конструкции обеспечивают определенное качество ее функционирования.

Так, изменение под нагрузкой размеров и формы элементов конструкции самолета, обтекаемых потоком воздуха, существенным образом влияет на аэродинамические характеристики и, как следствие, - на летно-технические характеристики самолета.



## ГУК (Хук) (Hooke) Роберт (1635-1703)

Английский естествоиспытатель, член Лондонского королевского общества (1663). В 1653г. поступил в Оксфордский университет, где впоследствии стал ассистентом Р.Бойля. С 1665г. – профессор Лондонского университета, в 1677–1683гг. – секретарь Лондонского Королевского общества.

В 1659 г. построил воздушный насос, совместно с Х. Гюйгенсом установил (около 1660) постоянные точки термометра – таяния льда и кипения воды.

Усовершенствовал барометр, зеркальный телескоп, применил зрительную трубу для измерения углов, сконструировал прибор для измерения силы ветра, машину для деления круга и другие приборы.

Большое значение имело открытие Гуком в 1660 закона пропорциональности между силой, приложенной к упругому телу, и его деформацией.

Гук высказал идею, что все небесные тела тяготеют друг к другу, и дал общую картину движения планет. Он предвосхитил закон всемирного тяготения И.Ньютона; в 1679 высказал мнение, что если сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния, то планета должна двигаться по эллипсу. Гук придерживался волновой теории света и оспаривал корпускулярную; теплоту считал результатом механического движения частиц вещества.

С помощью усовершенствованного им микроскопа Гук наблюдал структуру растений и дал чёткий рисунок, впервые показавший клеточное строение пробки (термин «клетка» был введён Гуком), а также описал строение клеток бузины, укропа, моркови и др.

Гук высказывал мысли об изменении земной поверхности, которое, по его мнению, повлекло изменение фауны. Гук считал, что окаменелости – это остатки прежде живших существ, по которым можно воспроизвести историю Земли.

Гук был известен также как архитектор. По его проектам было построено несколько зданий, главным образом в Лондоне.





## ЮНГ (Янг) (Young) Томас (1773-1829)

Английский физик, врач и астроном, один из создателей волновой теории света. Член Лондонского королевского общества (1794), с 1802–1829гг. его секретарь. Обладая разносторонними способностями и интересами, Юнг уже в 8-летнем возрасте занимался геодезией и математикой, с 9 лет изучал языки (в том числе латинский, греческий, еврейский, арабский), историю, ботанику. Изучал медицину в Лондоне и Эдинбурге, учился в Гёттингенском университете, где слушал лекции Г.К.Лихтенберга. В 1801–1803гг. – профессор Королевского института в Лондоне. С 1811г. и до конца жизни работал врачом в больнице святого Георгия в Лондоне. Одновременно с 1818г. – секретарь Бюро долгот и редактор «Nautical Almanac».

Наиболее важные направления его работ – оптика, механика, физиология зрения, филология. В 1793г. в работе «Наблюдения над процессом зрения» указал, что аккомодация глаза обусловлена изменением кривизны хрусталика.

Оптические наблюдения привели Юнга к мысли, что господствовавшая в то время корпускулярная теория света неверна, и он высказался в пользу волновой теории. Его идеи вызвали возражения английских учёных, и под их влиянием Юнг отказался от своего мнения. Однако в 1800г. в трактате по оптике и акустике «Опыты и проблемы по звуку и свету» Юнг вновь пришёл к волновой теории света и впервые рассмотрел проблему суперпозиции волн; дальнейшим развитием этой проблемы явилось открытие им принципа интерференции (термин введён Юнгом в 1802).

В докладе «Теория света и цветов», прочитанном Юнгом Королевскому обществу в 1801г. (опубликован в 1802), он дал объяснение колец Ньютона на основе интерференции и описал первые опыты по определению длин волн света.

В 1803г. в работе «Опыты и исчисления, относящиеся к физической оптике» рассмотрел явления дифракции. Он разработал также теорию цветного зрения, основанную на предположении о существовании в сетчатой оболочке глаза трёх родов чувствительных волокон, реагирующих на три основных цвета.

В 1807г. в 2-томном труде «Курс лекций по натуральной философии и механическому искусству» Юнг обобщил результаты своих теоретических и экспериментальных работ по физической оптике (термин ввёл Юнг) и изложил свои исследования по деформации сдвига, ввёл числовую характеристику упругости при растяжении и сжатии – так называемый модуль Юнга.

Он занимался расшифровкой египетских иероглифов (определил значение некоторых знаков Розеттского камня), был хорошим музыкантом, знатоком живописи.

Деформация стержня при растяжении и сжатии выражается в изменении его длины и поперечных размеров.

Интенсивность деформации при растяжении или сжатии характеризуется относительным удлинением или укорочением.

$$\boxed{\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}} \quad \boxed{\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{N_z}{EA}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{\Delta l}{l} = \frac{N_z}{EA}}$$

$$\boxed{\Delta l = \frac{N_z l}{EA}}$$

**Абсолютная деформация участка стержня**

$$\boxed{\Delta l = \sum_{i=1}^n \int_{l_i} \Delta l_i = \sum_{i=1}^n \int_{l_i} \frac{N_z dz}{EA_z}}$$

**Абсолютная деформация стержня**





# 3.5 Механические характеристики в испытаниях на растяжение и сжатие

Характер работы конструкции под нагрузкой во многом определяется выбором конструкционных материалов.

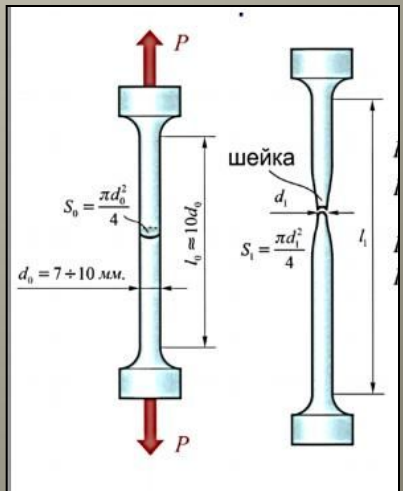
- 1 - Упругая деформация.
- 2 - Материал деформируется ("течет") под нагрузкой.
- 3 - Зона упрочнения. Материал снова становится прочнее.
- 4 - Без увеличения внешней нагрузки идет лавинообразное разрушение межзатомных связей материала.



Диаграмма растяжения образца

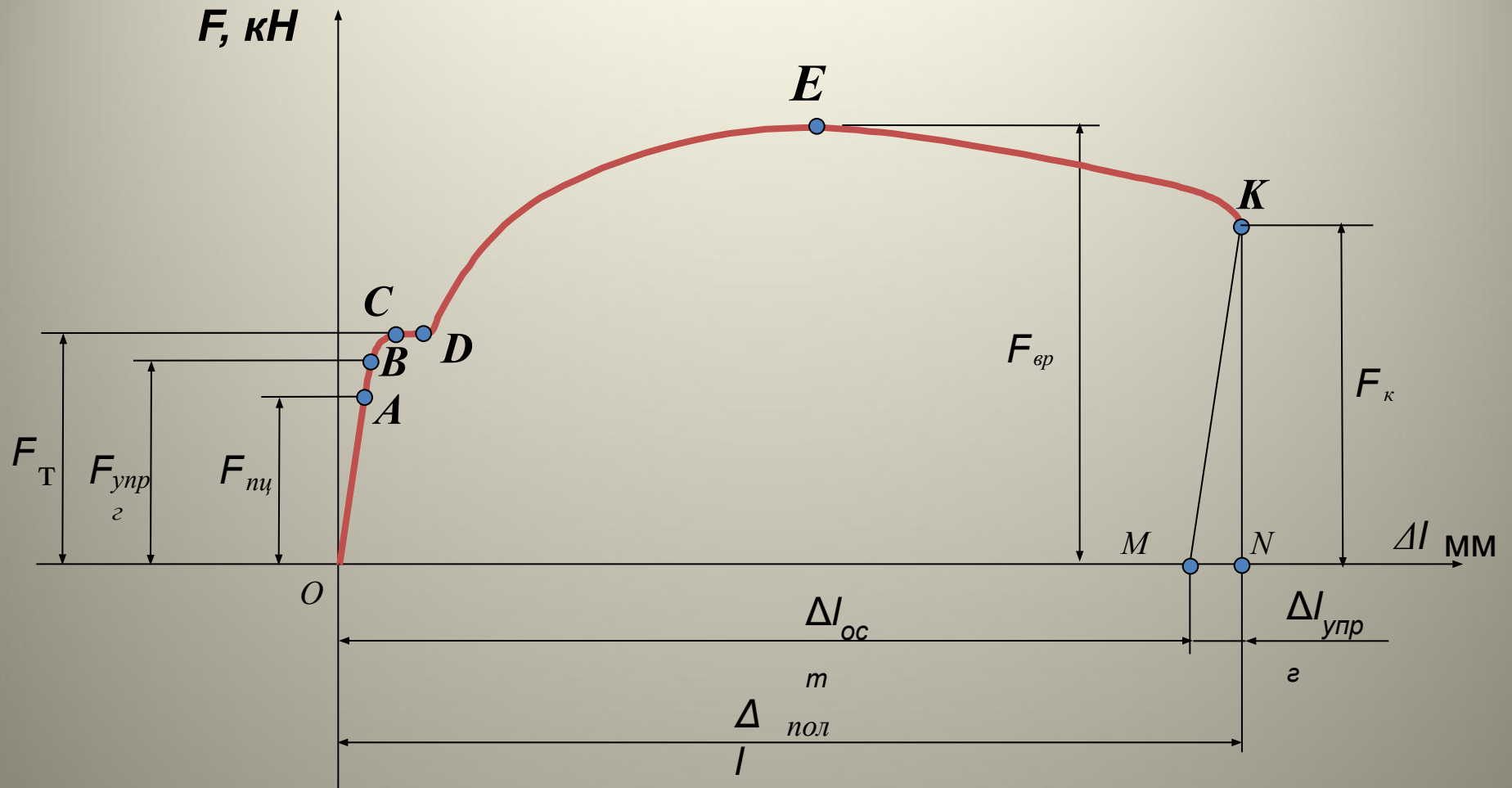


ИР 5047-50

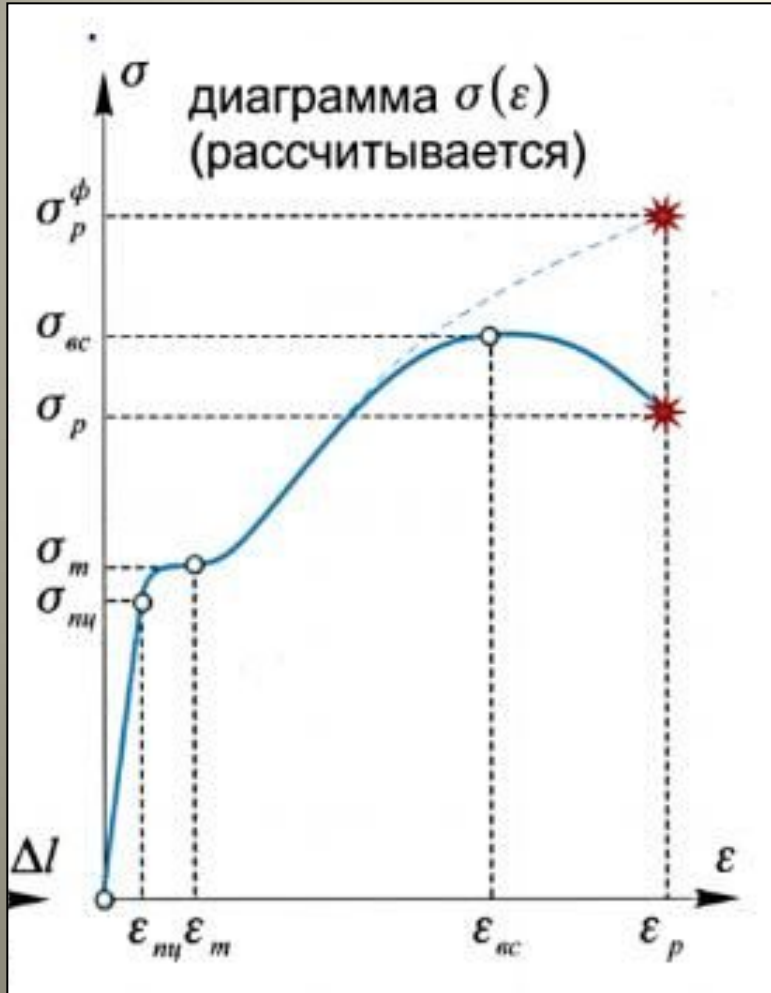


образец

# Диаграмма растяжения образца



## Диаграмма условных напряжений



## Характеристики прочности

$$\sigma_{np} = \frac{F_{np}}{A_o}$$

Предел пропорциональности

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_o}$$

Предел текучести

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_o}$$

Предел прочности

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_o}$$

Напряжение разрыва

## Характеристики пластичности

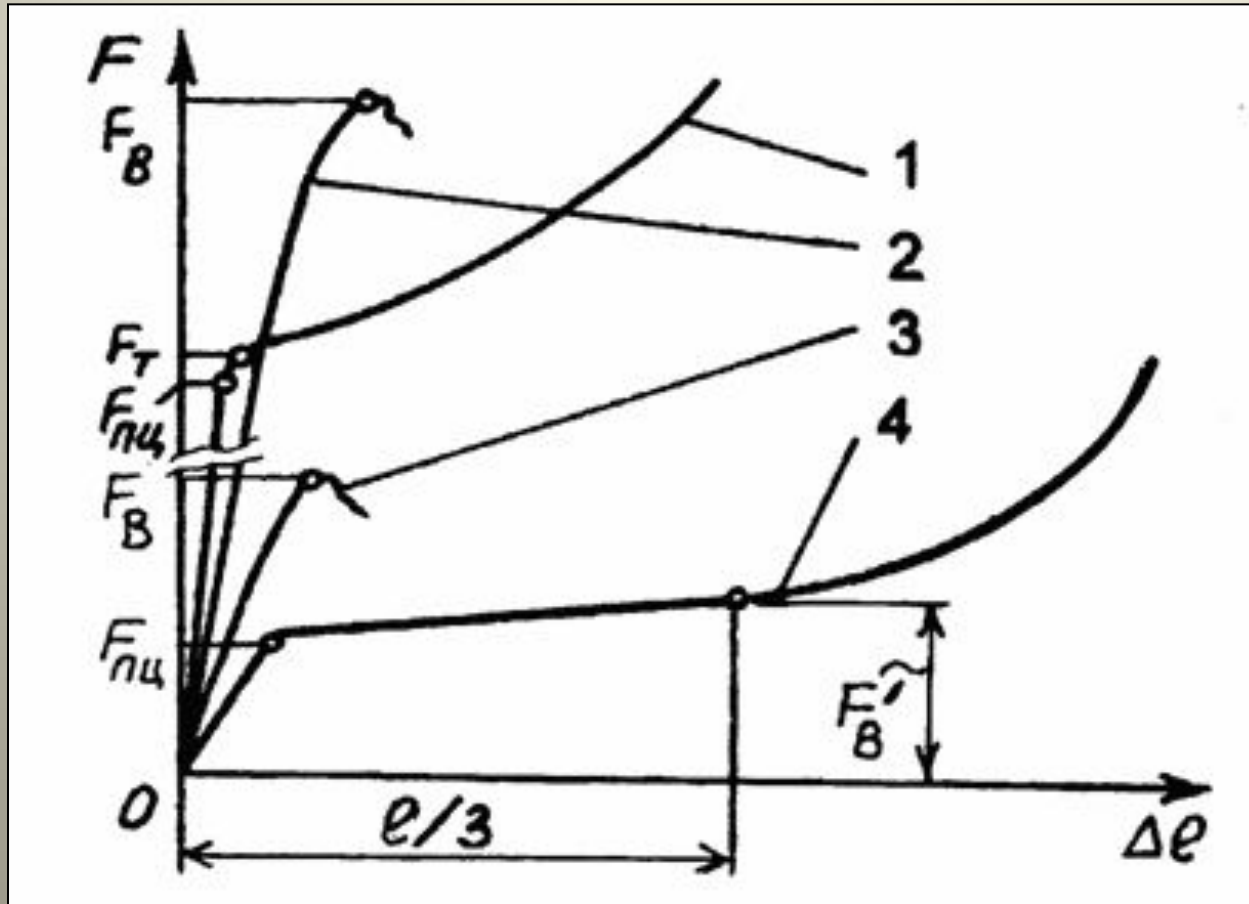
$$\delta = \frac{l_{ост}}{l_0} \times 100\% = \frac{l_{\kappa} - l_0}{l_0} \times 100\%$$

Относительное удлинение

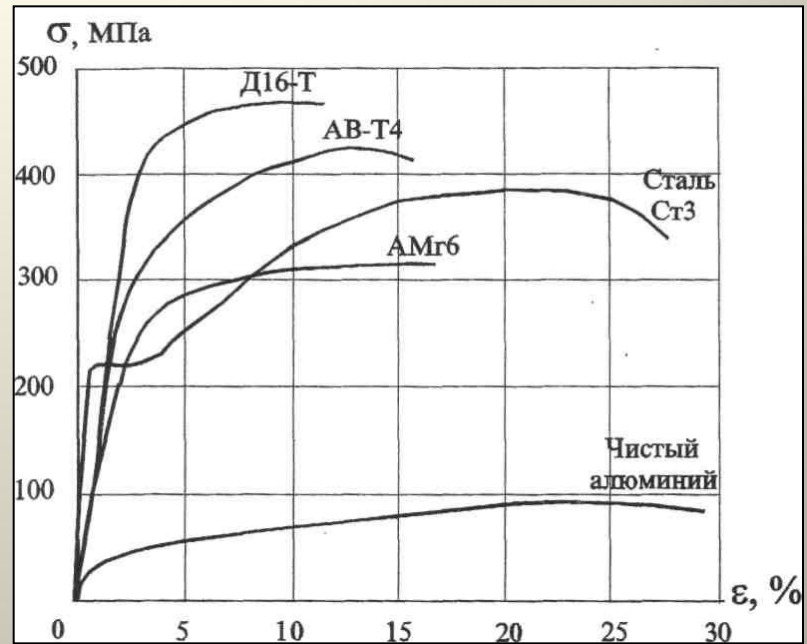
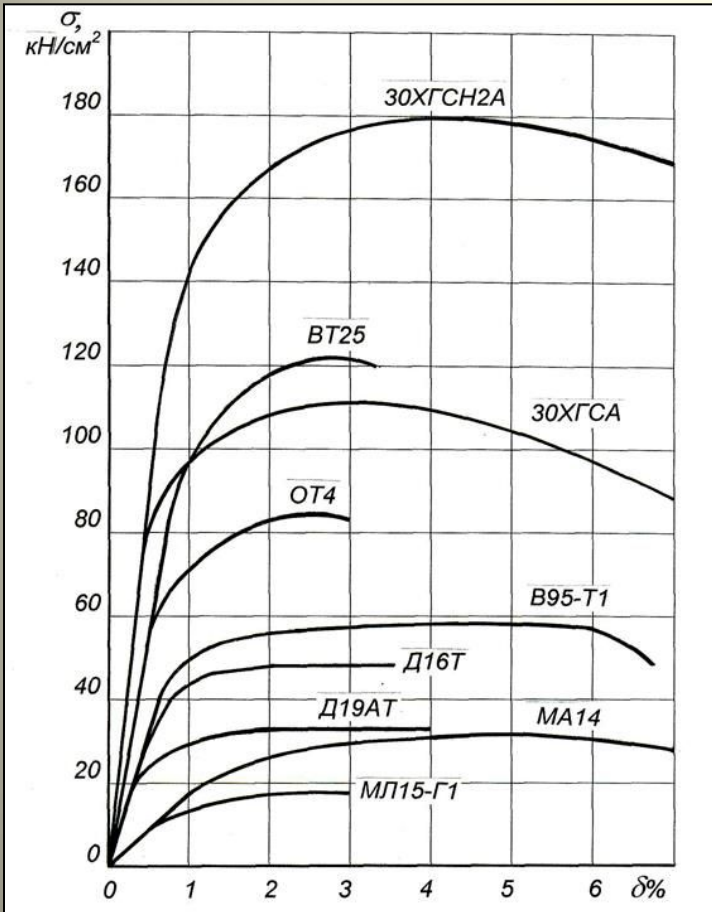
$$\psi = \frac{A_0 - A_{ш}}{A_0} \times 100\%$$

Относительное сужение

# Диаграммы сжатия



- 1 – малоуглеродистая сталь
- 2 - чугун
- 3 – древесина вдоль волокон
- 4 – древесина поперек волокон



Материал	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\sigma_{\text{т}}$ , МПа	E, МПа	$\mu$
Сталь 45			$2 \cdot 10^5$	0,29
Д16	360		$0,7 \cdot 10^5$	0,26-0,33
30XГСА				
X18H10	910	760		
АМг6				

## 3.4 Виды расчетов

Для обеспечения надежной работы и долговечности деталей машин, конструкций и сооружений проводятся различные расчеты. Наиболее распространенными являются *расчеты на прочность и жесткость*

Напряжение, при котором материал разрушается или в нем возникают заметные пластические деформации, называется *предельным (разрушающим) напряжением*

$\sigma_{пред}$  Предельное напряжение выбирается в зависимости от материала и требований к конструкциям.

- для пластичных материалов предельным напряжением при растяжении (сжатии) является предел текучести;

- для хрупких материалов - предел прочности при растяжении  $\sigma_v^P$  и предел прочности при сжатии  $\sigma_v^c$  (при этом  $\sigma_v^c > \sigma_v^P$ )

**Коэффициент запаса прочности**

$$n = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{max}}$$

Из условия надежности работы деталей и конструкций величину максимального напряжения, возникающего в опасном (наиболее напряженном) сечении бруса, необходимо ограничивать некоторыми значениями.

Напряжение, при котором обеспечивается безопасная работа конструкции, называется *допускаемым напряжением  $[\sigma]$* .

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[n]}$$



# Расчет на прочность

**Условие прочности** выражается неравенством:

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{adm}$$

где  $\sigma_{\max}$  - наибольшее расчетное нормальное напряжение;  
 $\sigma_{adm}$  - допускаемое нормальное напряжение

Пластичные материалы	Хрупкие материалы	
$\sigma_{\max} = \sigma_{\max}^p = \sigma_{\max}^c$	$\sigma_{\max}^p \leq [\sigma^p]$	$\sigma_{\max}^c \leq [\sigma^c]$
$[\sigma] = [\sigma^p] = [\sigma^c] = \frac{\sigma_T}{[n^T]}$	$[\sigma^p] = \frac{\sigma_{\sigma}^p}{[n^{\sigma}]}$	$[\sigma^c] = \frac{\sigma_{\sigma}^c}{[n^{\sigma}]}$





# Виды расчета на прочность:

## - проверочный расчет

(проверка расчетного напряжения в стержне)

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{z\max}}{A} \leq [\sigma] \pm 5\%$$

## - проектный расчет

(подбор размеров поперечного сечения стержня)

$$A \geq \frac{N_z}{[\sigma]}$$

- определение допускаемого значения продольной силы

$$N_z \leq A[\sigma]$$



# Расчет на жесткость

**Условие жесткости** стержня выражается неравенством:

$$\Delta l \leq [l]$$

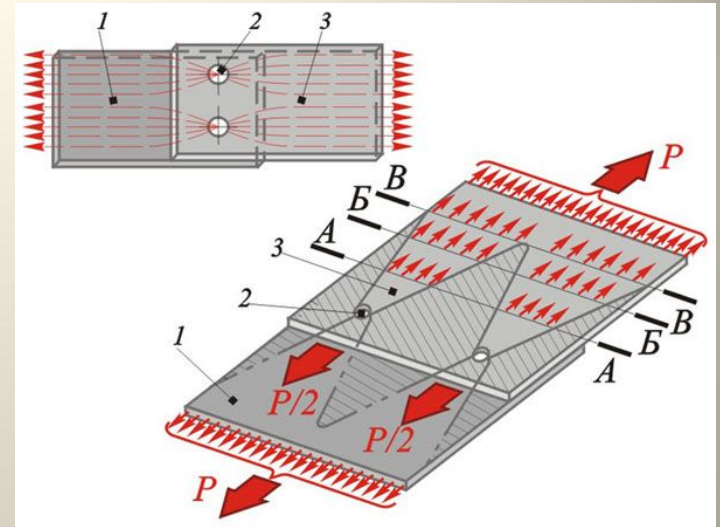
где  $\Delta l$  – абсолютная деформация стержня;

$\Delta l_{adm}$  – допускаемая величина абсолютной деформации стержня.



**Концентраторы напряжений** - местные резкие изменения однородности (формы и, следовательно, жесткости) конструкции, приводящие к резкому местному (локальному) повышению напряжений в конструкции.

На рис. 10.7 показано действие растягивающей внешней нагрузки, равномерно распределенной по краям простейших конструктивных элементов - листов. Пунктирные линии представляют собой так называемые **траектории напряжений**, вдоль которых напряжение передается от молекулы к молекуле. Для гладкого листа эти линии параллельны, напряжения в любом сечении листа одинаковы.



Силы, передающиеся по траекториям напряжений в листах с концентраторами (надрез в кромке листа, отверстие в центре листа), обходят разрыв в материале. Плотность траекторий напряжений увеличивается, и локальные напряжения  $\sigma$  у края концентратора возрастают (иногда многократно). В этих местах может произойти нарушение (разрыв) межатомных связей, возникнут микротрещины, распространение которых ведет к разрушению конструкции.

Распределение напряжений в *законцовках* (местах соединения деталей) обычно особенно сложно, в них обязательно появляются *концентрации напряжений* - местное повышение напряжений.

В месте соединения (рис. 10.8) листов 1 и 3 с помощью заклепок (или сварных точек) 2 передача нагрузки будет происходить только через точки крепления. Листы равномерно включатся в работу на достаточно большом удалении от места соединения.

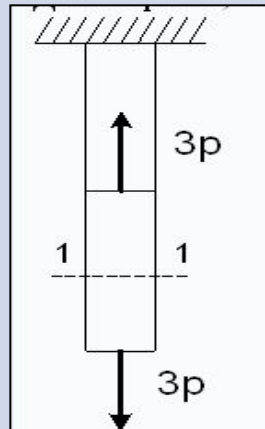
Заштрихованная область листов практически выключена из работы и не испытывает напряжений. В то же время напряжения в поперечных сечениях листов распределены неравномерно, причем  $\sigma_{A-A} > \sigma_{B-B} > \sigma_{B-B}$ .

Конструктор особое внимание должен уделять выбору формы деталей, работающих на растяжение, и особенно их законцовок, чтобы уменьшить возможные концентрации напряжений

## 3.5 Проверочный тест

### ВОПРОС

Нормальные напряжения, действующие в сечении 1-1



### ОТВЕТ

- 1- сжимающими
- 2- растягивающими и сжимающими
- 3- равны нулю
- 4- растягивающими

При испытаниях образцов на растяжение были определены продольная и поперечная деформации. Они оказались равными 0,00032 и 0,00013.

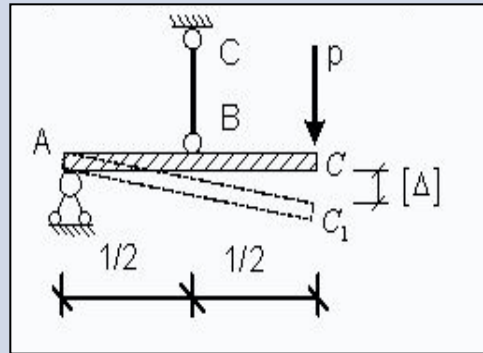
Тогда коэффициент Пуассона равен

- 1- 0,4
- 2- 0,1
- 3- 0,25
- 4- 0,3



# ВОПРОС

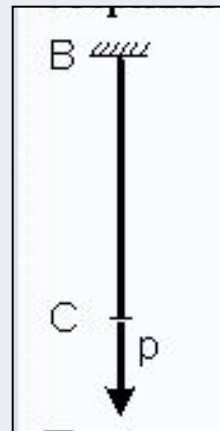
Если стержень ВС одинаково работает на растяжение и сжатие, то проверку на жесткость проводят по условию



# ОТВЕТ

- $\Delta l_{BC} \leq 2[\Delta]$
- $\Delta l_{BC} \leq \frac{[\Delta]}{2}$
- $\Delta l_{BC} \leq \frac{[\Delta]}{4}$
- $\Delta l_{BC} > \frac{[\Delta]}{2}$

Проверку на жесткость стержня ВС проводят по условию



- $\Delta l_{BC} \leq \Delta l_{max}$
- $\Delta l_{BC} > \Delta l_{max}$
- $\Delta l_{BC} \geq [\Delta]_{сж}$
- $\Delta l_{BC} \leq [\Delta]_p$



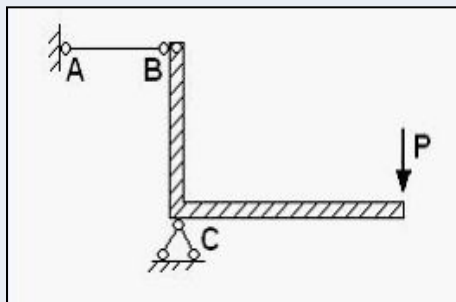
## ВОПРОС

Чугунный образец диаметром 0,015 м разрушился при силе 0,12 Мн. Тогда величина предела прочности равна

## ОТВЕТ

- 679 МПа
- 750 МПа
- 815 МПа
- 527 МПа

Проверку на прочность стержня АВ, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение и сжатие, проводят по формуле

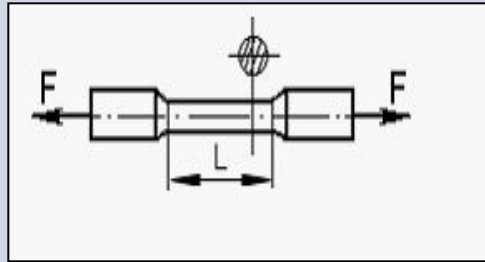


- $\sigma \leq [\sigma]_p$
- $\sigma \leq [\sigma]_{сж}$
- $\sigma = \sigma_{нц}$
- $\sigma \geq \sigma_T$



## ВОПРОС

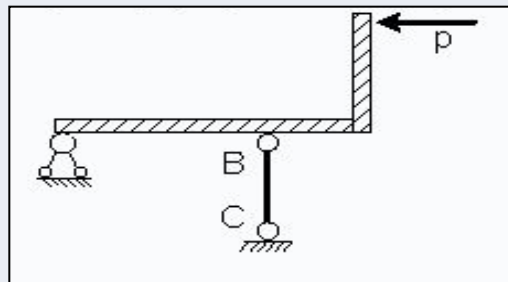
По результатам испытания образца на Растяжение вплоть до разрыва, можно определить



## ОТВЕТ

- 1- характеристику прочности, равную 19%
- 2- относительную остаточную деформацию, равную 2%
- 3- вязкую характеристику, равную 30%
- 4- характеристику упругости, равную 11%

Если стержень ВС одинаково работает на растяжение и сжатие, то проверку прочности проводят по формуле



$\sigma \leq \sigma_{нц}$

$\sigma = \sigma_T$

$\sigma \leq [\sigma]$

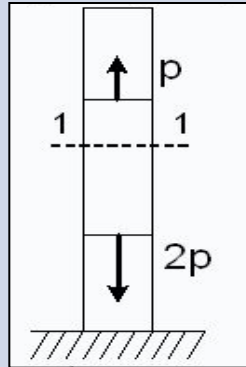




# ВОПРОС

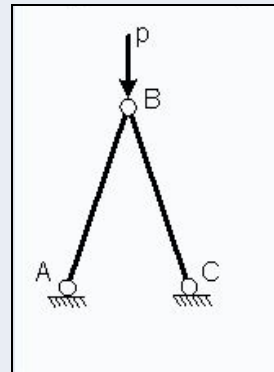
# ОТВЕТ

Деформации, возникающие в сечении 1-1, будут



- 1- равны нулю
- 2- сжимающими
- 3- растягивающими и сжимающими
- 4- растягивающими

Проверку прочности стержня АВ, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение и сжатие, проводят по формуле



$\sigma = [\sigma]_p$

$\sigma \leq \sigma_{нц}$

$\sigma \leq [\sigma]_{сж}$

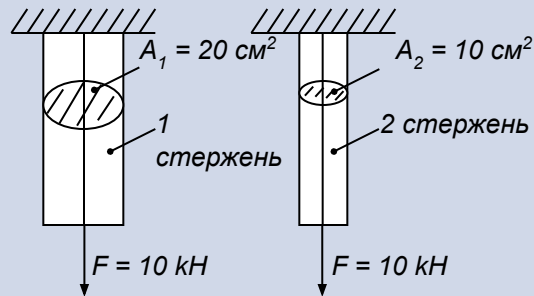
$\sigma \geq \sigma_T$



# ВОПРОС

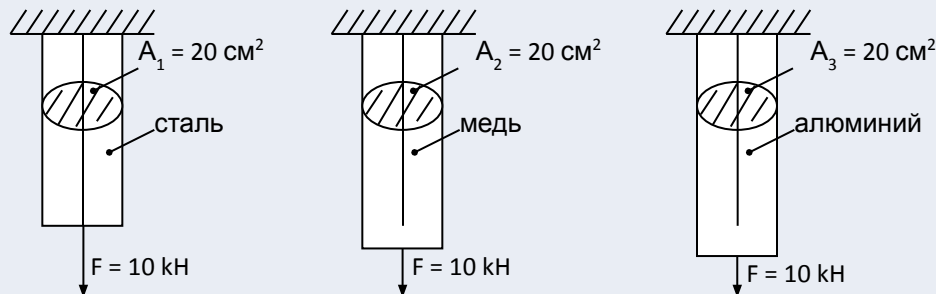
# ОТВЕТ

К двум стержням разного поперечного сечения ( $A_1 > A_2$ ) приложены одинаковые растягивающие силы  $F$ . В каком стержне внутренняя продольная сила будет больше?



- 1- в первом стержне
- 2- во втором стержне
- 3- одинаковы
- 4- зависит от материала

К каждому из 3-х вертикальных стержней одинаковой площади поперечного сечения ( $A_1 = A_2 = A_3$ ), но разной длины ( $l_1 < l_2 < l_3$ ) и разных материалов подвешены равные грузы. Будут ли одинаковы напряжения в стержнях?



- 1- напряжения во всех стержнях одинаковы
- 2- наибольшее напряжение возникает в 3-ем стержне
- 3- наибольшее напряжение возникает в 2-ом стержне
- 4- наибольшее напряжение возникает в 1-ом стержне

