Лекция 3
Центральное растяжение и сжатие стержня

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.

Растяжение стержня

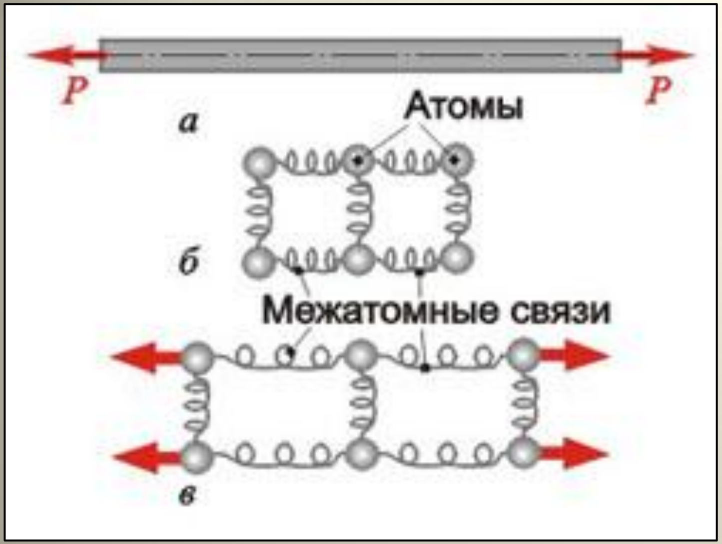
Сжатие стержня

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.

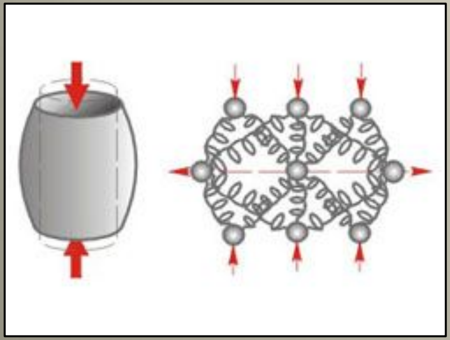
Принцип Сен-Венана

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.

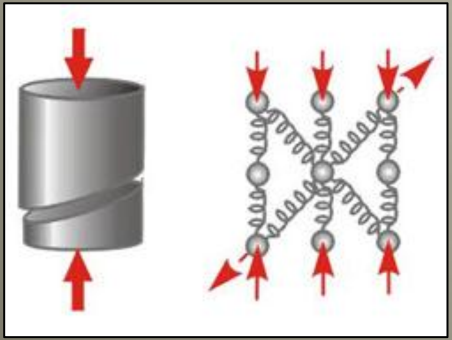
Под действием внешних сил частицы (атомы) материала, из которого сделана конструкция, будут перемещаться, и перемещение частиц под нагрузкой будет продолжаться, пока между внешними и внутренними силами не установится равновесие.



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

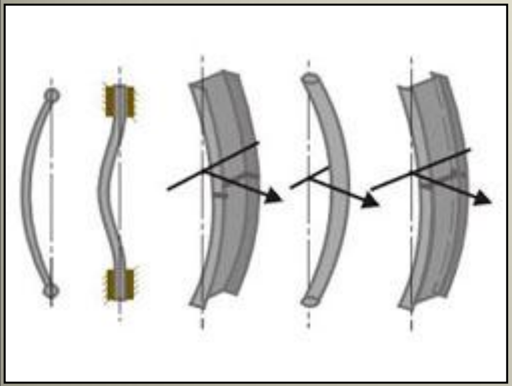
В результате разрушение различных конструктивных элементов происходит по-разному, что определяется материалом конструкции и, главное, формой и пропорциями конструктивных элементов.

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*.

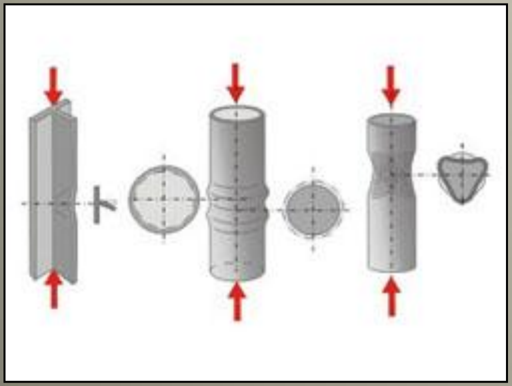


При небольшом превышении критической силы (и, соответственно, ***критических напряжений*** $\sigma_{кр}$) возникают значительные деформации стержня, который не разрушается, а только упруго изгибается и переходит к другой (изогнутой) форме упругого равновесия.

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.

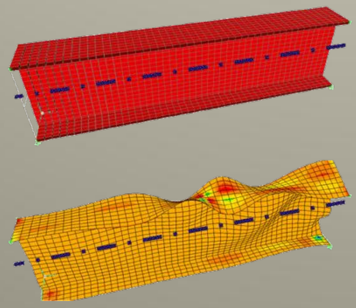
Л. Эйлер показал, что нагрузка, при которой стержень данной длины и площади поперечного сечения теряет устойчивость зависит только от формы поперечного сечения, модуля упругости (жесткости) материала и условий закрепления концов стержня при нагружении.

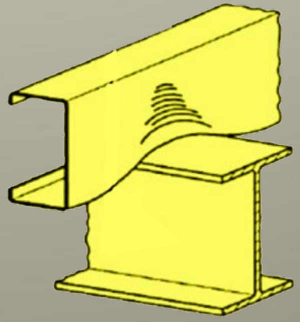
При дальнейшем увеличении нагрузки изогнутый стержень разрушается. Такой вид потери несущей способности называется ***общей потерей устойчивости***.

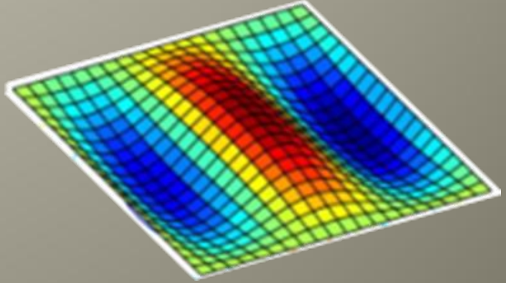


При отсутствии общей потери устойчивости (ось тонкостенного элемента конструкции прямолинейна, не деформирована) нагруженная сжатием конструкция может выйти из строя из-за *местных деформаций* отдельных участков.

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



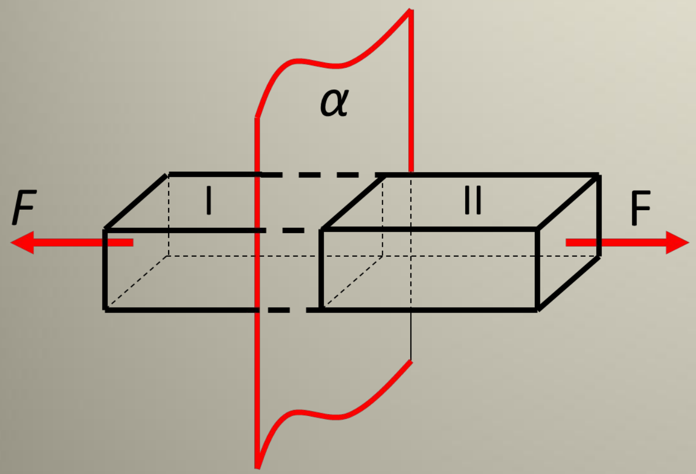


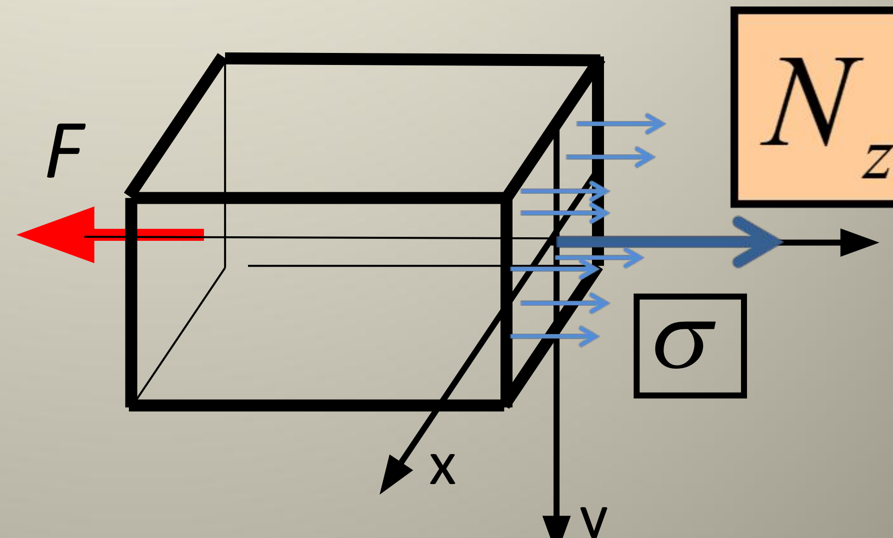


В поперечных сечениях стержня при центральном растяжении и сжатии из шести внутренних силовых факторов возникает только один- продольная (осевая) сила N_z

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.





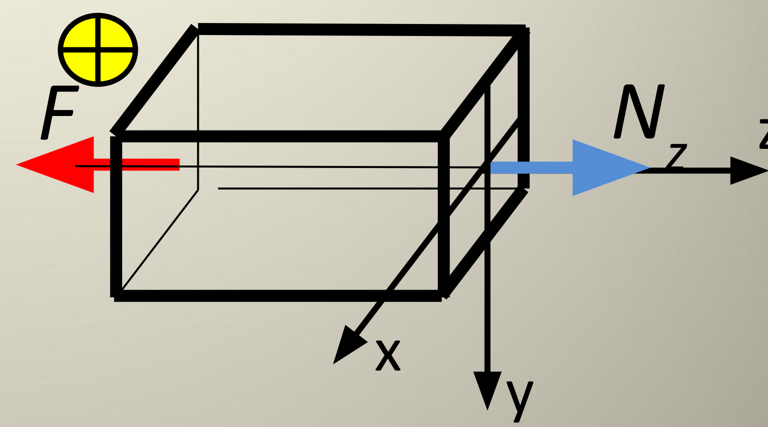
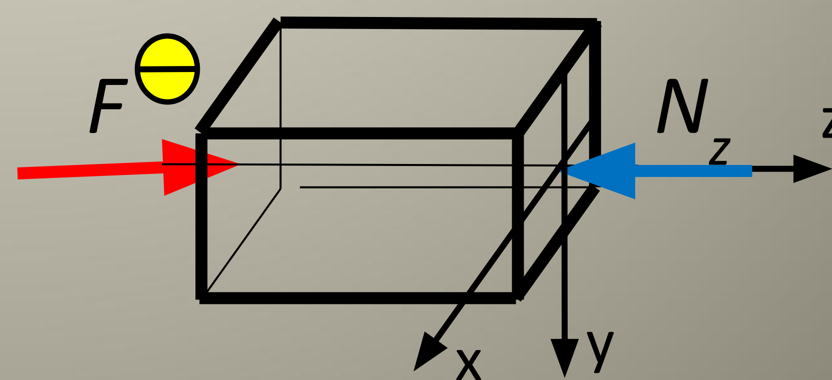
Продольная сила N_z в произвольном поперечном сечении стержня численно равна алгебраической сумме всех действующих внешних сил, приложенных по одну сторону от рассматриваемого поперечного сечения :

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

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

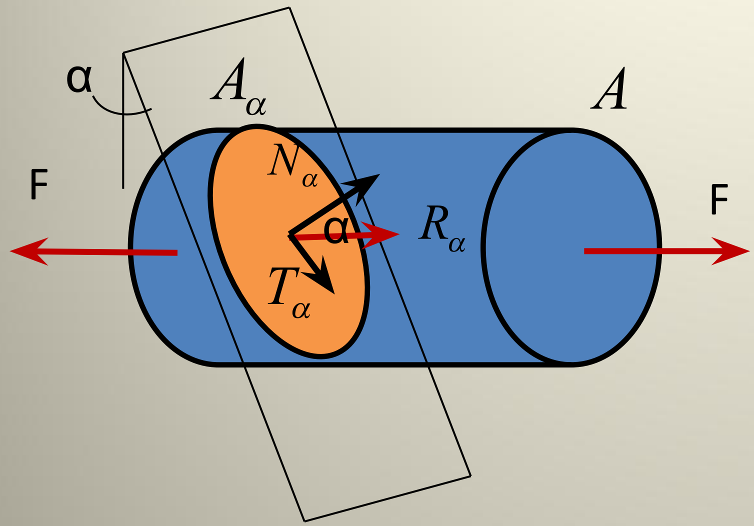
ПРАВИЛО ЗНАКОВ:

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

- 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



$$R_\alpha = F$$

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

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

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

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

$если\ \alpha = 90^0$ $\quad \sigma = 0 \quad \tau = 0$

$если\ \alpha = 45^0$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma}{2} \qquad \sigma = \frac{\sigma}{2} = \tau_{\max}$$

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

Поперечное сечение

Поперечное сечение стержня

Статическая сторона задачи

Продольная сила является равнодействующей нормальных напряжений.

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

$$\boxed{N_z = \int \sigma dA}$$

Геометрическая сторона задачи

На основании гипотезы плоских сечений (гипотезы Бернулли) все волокна стержня получают одинаковые относительные удлинения (ε=const)

$$\boxed{\varepsilon = const}$$

Физическая сторона задачи

Нормальные напряжений распределяются по поперечному сечению равномерно.

Нормальные напряжений прямо пропорциональны относительной деформации

$$\boxed{\sigma = E\varepsilon}$$

$$\boxed{N_z = \int_A E\varepsilon\, d\,A = E\varepsilon \int_A dA = \sigma A} \Longrightarrow \boxed{\sigma = \frac{N_z}{A}}$$

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

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

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

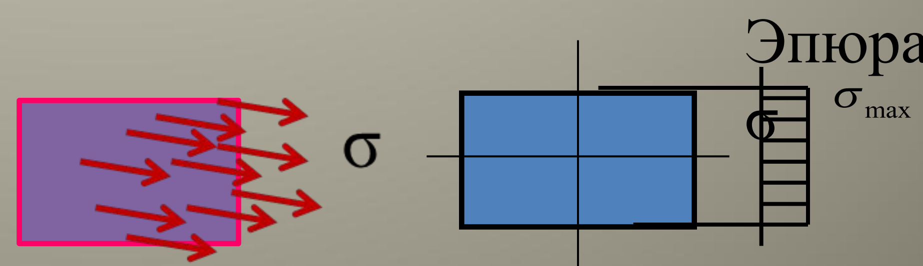
где N_z - продольна сила, возникающая в поперечном сечении стержня, в котором определяется нормальное напряжение, *Н*;

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

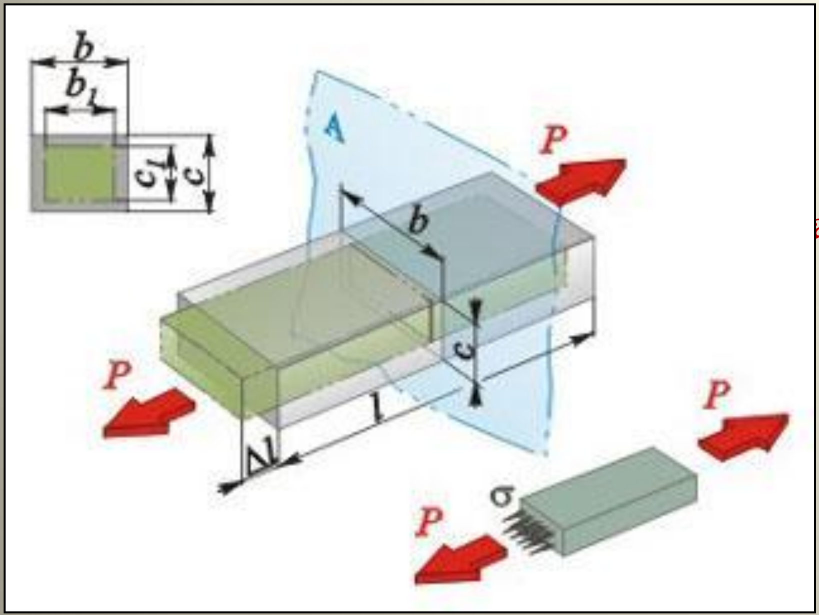
Вектор нормального напряжения расположен перпендикулярно к плоскости поперечного сечения.

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



$$\boxed{\Delta l = l_1 - l}$$

абсолютная продольная деформация

$$\boxed{\Delta b = b_1 - b}$$

$$\boxed{\Delta c = c_1 - c}$$

абсолютная поперечная деформация

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

относительная продольная деформация

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

относительная поперечная деформация

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

Коэффициент Пуассона

Материал	μ
Сталь	0,25-0,33
Медь, бронза	0,31-0,35
Чугун	0,23-0,27
Бетон	0,08-0, 18
Древесина вдоль волокон поперек волокон	 0,5 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 *σ* прямо пропорционально относительной продольной деформации.

$$\boxed{\sigma = E\varepsilon}$$

- 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.

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

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

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 характери… испытаниях на растяжение и…

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

2 - Материал деформируется ("течет") под

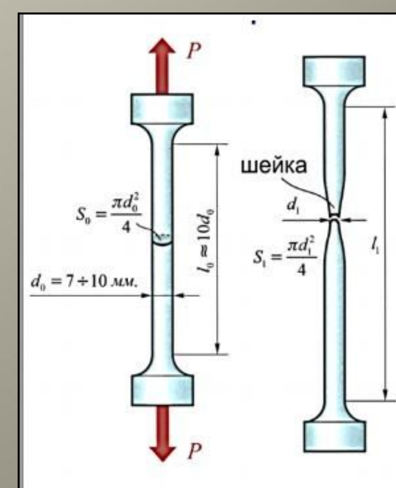
3 - Зона упрочнения. Материал снова

4 - Без увеличения внешней нагрузки идет лавинообразное разрушение межатомных связей материала.

требуется в сотни раз более медленное нарастание нагрузки, чем в зоне упругих деформаций.

Диаграмма растяжения образца

ИР 5047-50



образец

Диаграмма растяжения образца

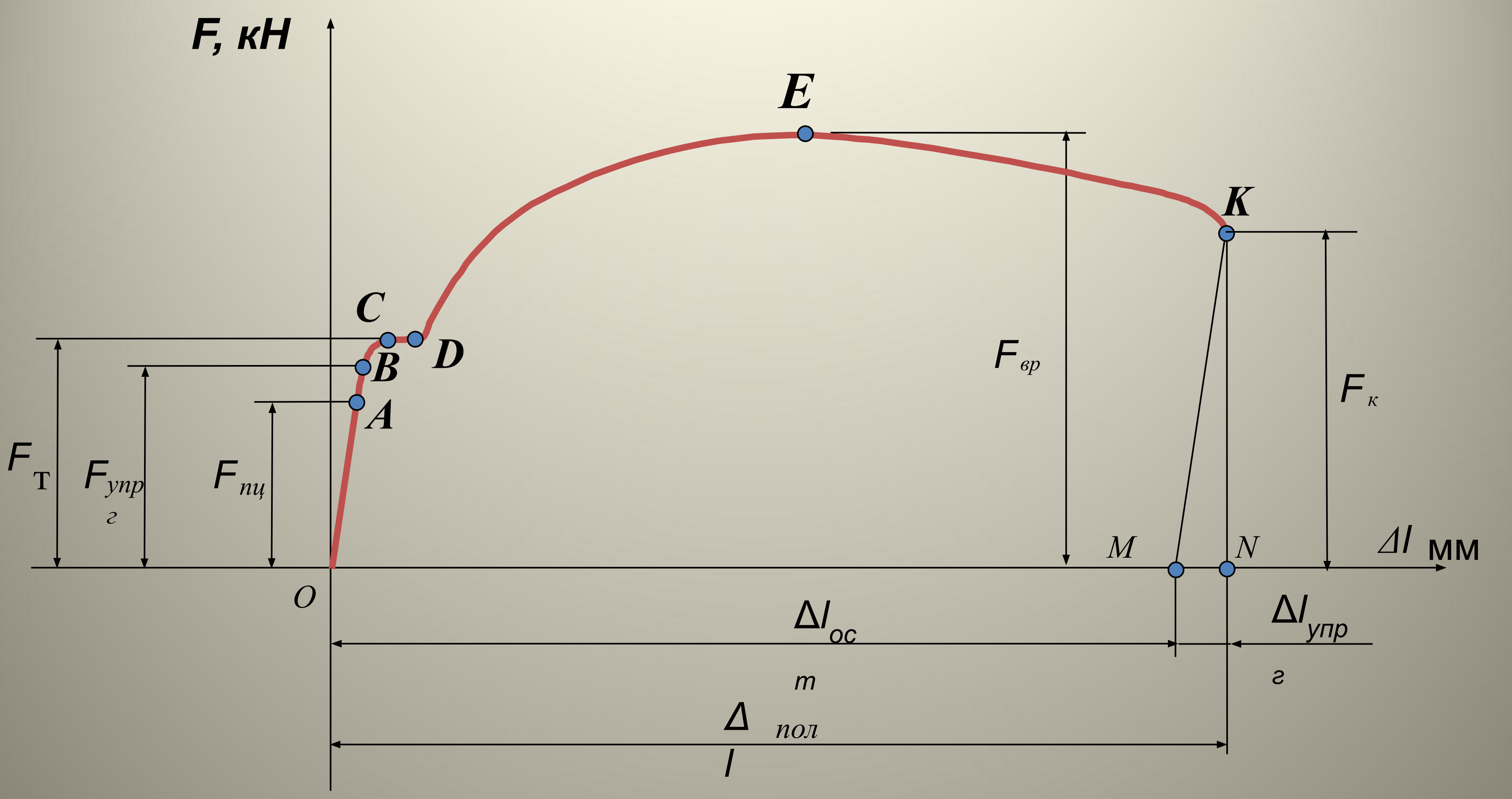
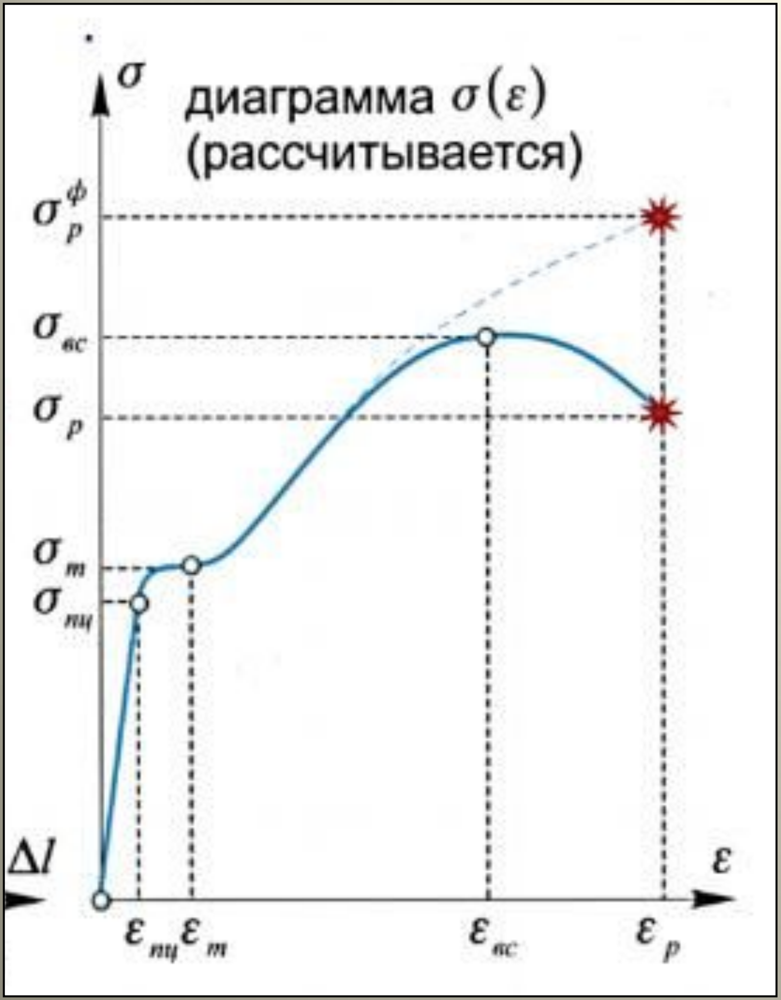


Диаграмма условных напряжений



Характеристики прочности

$$\sigma_{пр} = \frac{F_{пр}}{A_o}$$

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

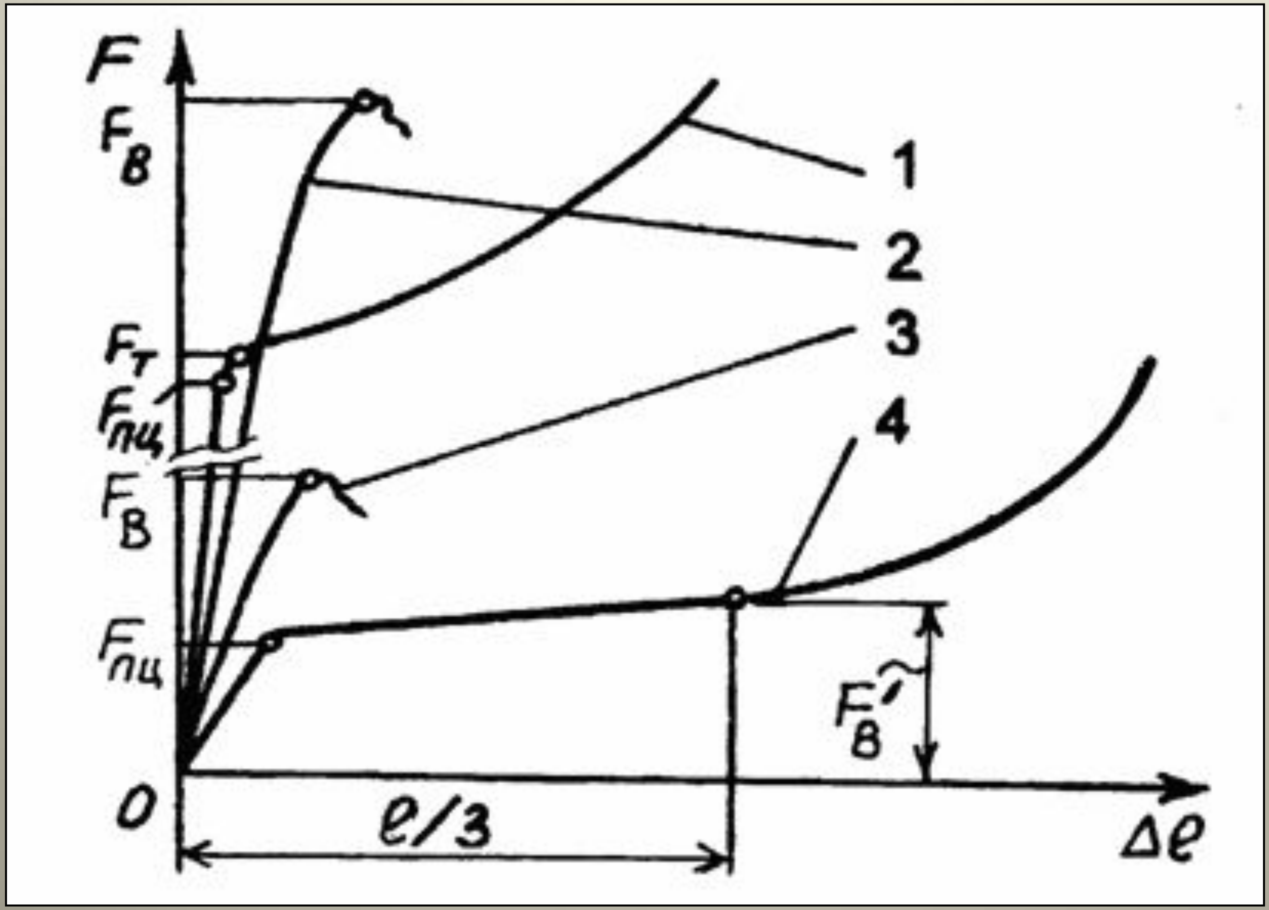
$$\delta = \frac{l_{ост}}{l_0} \times 100\% = \frac{l_к - l_0}{l_0} \times 100\%$$

Относительное удлинение

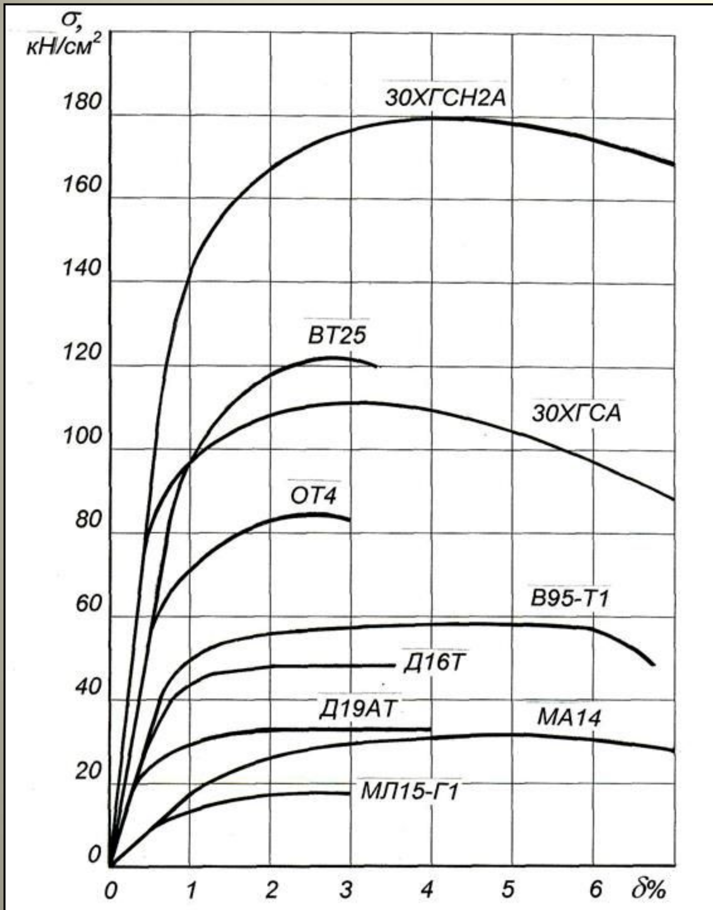
$$\psi = \frac{A_0 - A_ш}{A_0} \times 100\%$$

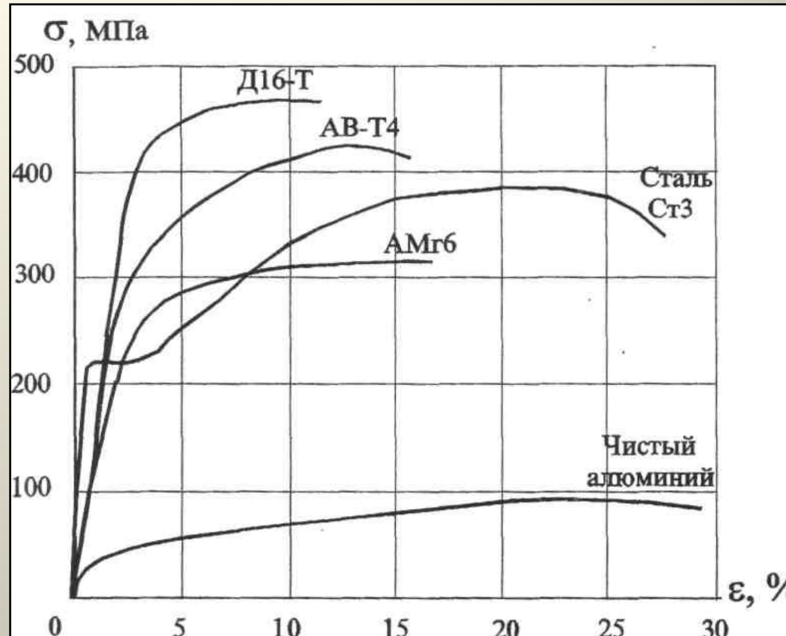
Относительное сужение

Диаграммы сжатия



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





Материал	σв, МПа	σт, МПа	Е, МПа	μ
Сталь 45			$2 \cdot 10^5$	0,29
Д16	360		$0,7 \cdot 10^5$	0,26-0,33
30ХГСА				
Х18Н10	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 $\sigma_в^р$ и предел прочности при сжатии $\sigma_в^с$ (при этом $\sigma_в^с > \sigma_в^р$)

Коэффициент запаса прочности

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

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 [σ].*

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

Расчет на прочность

Условие прочности выражается неравенством:

$$\boxed{\sigma_{\max} \le \sigma_{adm}}$$

где σ_{max} - наибольшее расчетное нормальное напряжение;
σ_{adm}- допускаемое нормальное напряжение

Пластичные материалы	Хрупкие материалы
$\sigma_{\max} = \sigma^{p}_{\max} = \sigma^{c}_{\max}$	$\sigma^{p}_{\max} \le [\sigma^{p}]$ $\sigma^{c}_{\max} \le [\sigma^{c}]$
$[\sigma] = [\sigma^{p}] = [\sigma^{c}] = \dfrac{\sigma_T}{[n^T]}$	$[\sigma^{p}] = \dfrac{\sigma^{p}_{в}}{[n^{в}]}$ $[\sigma^{c}] = \dfrac{\sigma^{c}_{в}}{[n^{в}]}$

Виды расчета на прочность:

-проверочный расчет

(проверка расчетного напряжения в стержне)

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

- проектный расчет

(подбор размеров поперечного сечения стержня)

$$\boxed{A \ge \frac{N_z}{[\sigma]}}$$

- определение допускаемого значения продольной силы

$$\boxed{N_z \le A[\sigma]}$$

Расчет на жесткость

Условие жесткости стержня выражается неравенством:

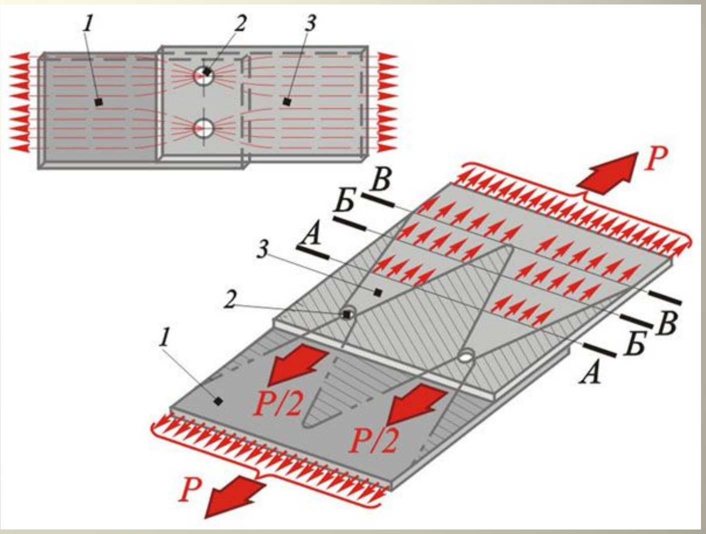
$$\boxed{\Delta l \le [l\ ]}$$

где *Δl* – абсолютная деформация стержня;

Δl_{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 **σ** у края концентратора возрастают (иногда многократно). В этих местах может произойти нарушение (разрыв) межатомных связей, возникнут микротрещины, распространение которых ведет к разрушению конструкции.

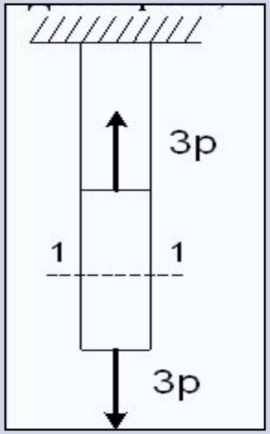
Распределение напряжений в *законцовках* (местах соединения деталей) обычно особенно сложно, в них обязательно появляются *концентрации напряжений* - местное повышение напряжений.

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 $\boldsymbol{\sigma}_{А\text{-}А} > \boldsymbol{\sigma}_{Б\text{-}Б} > \boldsymbol{\sigma}_{В\text{-}В}$.

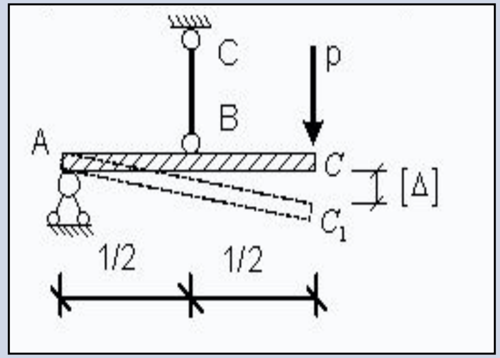
Конструктор особое внимание должен уделять выбору формы деталей, работающих на растяжение, и особенно их законцовок, чтобы уменьшить возможные концентрации напряжений

3.5 Проверочный тест

ВОПРОС	ОТВЕТ
Нормальные напряжения, действующие в сечении 1-1 	1- сжимающими 2- растягивающими и сжимающими 3- равны нулю 4- растягивающими
При испытаниях образцах 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

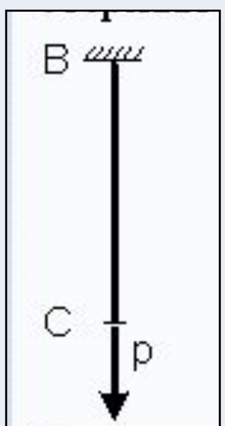
ВОПРОС	ОТВЕТ

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

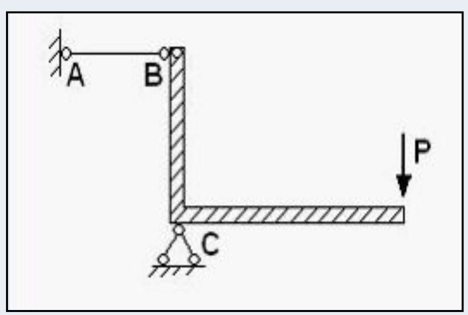


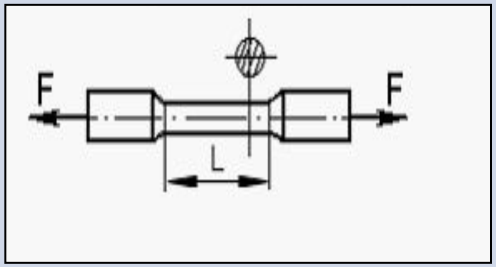
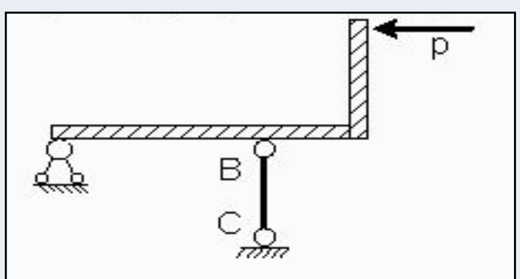
- $\Delta l_{BC} \le 2[\Delta]$
- $\Delta l_{BC} \le \frac{[\Delta]}{2}$
- $\Delta l_{BC} \le \frac{[\Delta]}{4}$
- $\Delta l_{BC} > \frac{[\Delta]}{2}$

Проверку на жесткость стержня ВС проводят по условию



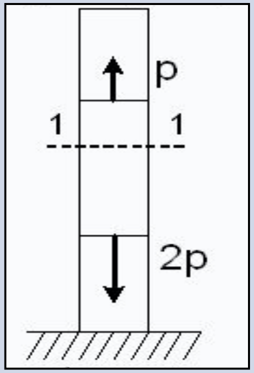
- $\Delta l_{BC} \le \Delta l_{max}$
- $\Delta l_{BC} > \Delta l_{max}$
- $\Delta l_{BC} \ge [\Delta]_{сж}$
- $\Delta l_{BC} \le [\Delta]_{p}$

ВОПРОС	ОТВЕТ
Чугунный образец диаметром 0,015 м разрушился при силе 0,12 Мн. Тогда величина предела прочности равна	○ 679 МПа ○ 750 МПа ○ 815 МПа ○ 527 МПа
Проверку на прочность стержня АВ, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение и сжатие, проводят по формуле  	○ $\sigma \le [\sigma]_р$ ○ $\sigma \le [\sigma]_{сж}$ ○ $\sigma = \sigma_{пц}$ ○ $\sigma \ge \sigma_T$

ВОПРОС	ОТВЕТ
По результатам испытания образца на Растяжение вплоть до разрыва, можно определить  	**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  	○ $\sigma \leq \sigma_{пц}$ ○ $\sigma = \sigma_{т}$ ○ $\sigma \leq [\sigma]$

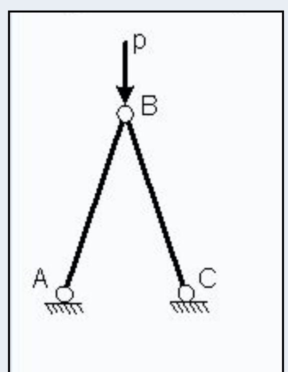
ВОПРОС	ОТВЕТ

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



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

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**