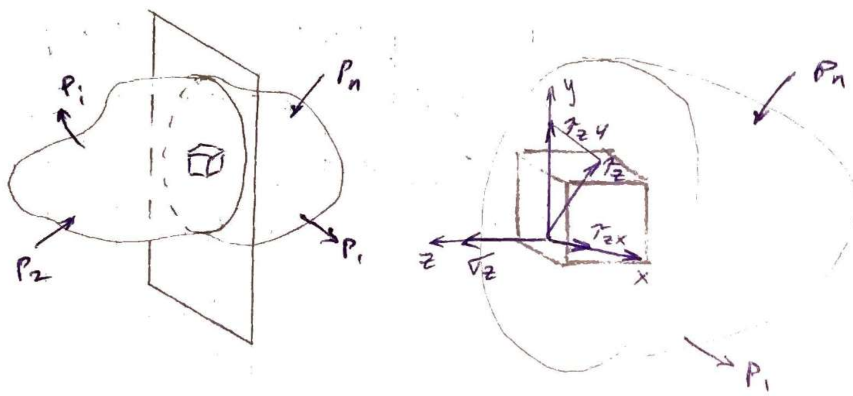
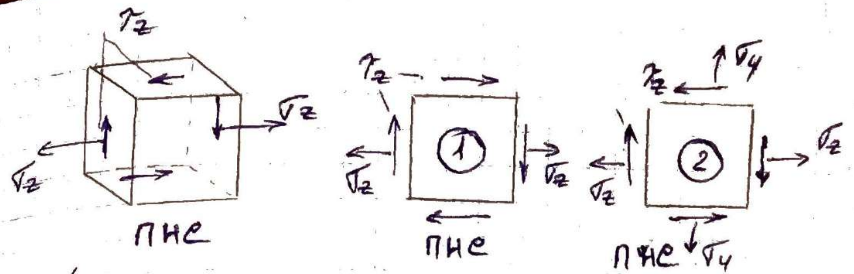
Глава 3.

Основы теории напряженного и деформированного состояний материала

§1 Постановка задачи



Если имеют место внешние силы действующие на брус в любой произвольной точке бруса появляются нормальные и касательные напряжения. Ориентируя элементарный параллелепипед определенным образом можно свести напряженное состояние в точке к плоскому напряженному состоянию.

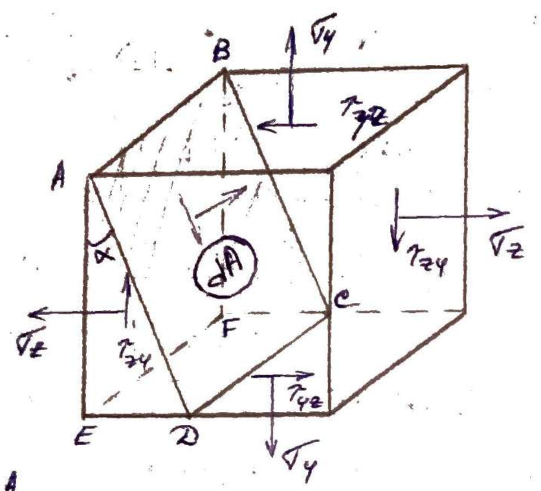


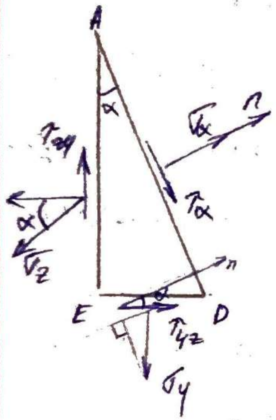
Напряженное состояние типа 1

Имеет место в брусе, σ_y отсутствует в силу гипотезы, что смежные волокна не давят друг на друга. В пластинах и оболочках мы имеем напряженное состояние типа 2. Их прочность частично 1 и 2 определяется не уровнем исходных осевых напряжений, а значением главных напряжений

Главными называются напряжения в площадках, в которых отсутствуют касательные напряжения

§2 Определение напряжений в произвольно наклоненных площадках





Ищем напряжение площадки ⊥ свободных граням.

Обозначим:

$S_{ABCD} = dA$

$S_{ABFE} = dA\cos\alpha$

$S_{DCFE} = dA\sin\alpha$

$\vec{n}$: $\sigma_\alpha dA - \sigma_z(dA\cos\alpha)\cos\alpha - \sigma_y(dA\sin\alpha)\sin\alpha + \tau_{zy}(dA\cos\alpha)\sin\alpha + \tau_{yz}(dA\sin\alpha)\cos\alpha = 0$ – условия равновесия

$$\sigma_\alpha = \sigma_z\cos^2\alpha + \sigma_y\sin^2\alpha - \tau_{zy}\sin 2\alpha \quad (*)$$

$\vec{\tau}_\alpha \perp \vec{n}$: $\tau_\alpha dA - \sigma_z(dA\cos\alpha)\sin\alpha + \sigma_y(dA\sin\alpha)\cos\alpha - \tau_{zy}(dA\cos\alpha)\cos\alpha + \tau_{yz}(dA\sin\alpha)\sin\alpha = 0$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\sin 2\alpha + \tau_{zy}\cos 2\alpha \quad (**)$$

§3 Понятие о главных напряжениях и главных площадках

Если представить σ_α и τ_α как функцию угла α

$$\sigma_\alpha = f_1(\alpha)$$

$$\tau_\alpha = f_2(\alpha)$$

, то можно подобрать такое α, чтобы касательные напряжения $=0$, тогда нормальные напряжения примут max значение.

Главное напряжение - это напряжения которые действуют в главных площадках

Главные площадки - площадки, в которых касательные напряжения $=0$. Нормальные напряжения, действующие в таких площадках называют главными напряжениями. Эти напряжения являются экстремальными среди всех нормальных напряжений.

Для нахождения экстремума продифференцируем уравнение (*) и приравняем к 0

$$\frac{d\sigma_\alpha}{d\alpha} = 0$$

$$-2\sigma_z \sin\alpha_0 \cos\alpha_0 + 2\sigma_y \sin\alpha_0 \cos\alpha_0 - 2\tau_{zy} \cos 2\alpha_0 = 0$$

$$-2\left(\frac{\sigma_z - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha_0 + \tau_{zy} \cos 2\alpha_0\right) = 0$$

см (**) $\tau_\alpha = 0$

$$tg 2\alpha_0 = \frac{\sin 2\alpha_0}{\cos 2\alpha_0} = -\frac{2\tau_{zy}}{\sigma_z - \sigma_y} \quad (***)$$

Это выражение дает 2 значения угла α_0:

$2\alpha_0 \to \alpha_0$

$2\alpha_0 + 180° \to \alpha_0 + 90°$ } 2 угла характеризуют положение главных площадок

Правило знаков для (***)

- по ↻ ⊕   против ч.с. ↺ ⊖

- Нормальные напряжения вводятся в формулу со знаком „+" если они растягивающие, со знаком „-" если - сжимающие

- касательные напряжения записываются со знаком „+", если оно стремится повернуть частицу по часовой стрелке

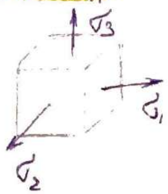
Найдем величину главных напряжений

$$\sigma_{гл}^{I} = \sigma_z \cos^2\alpha_0 + \sigma_y \sin^2\alpha_0 - \tau_{zy} \sin 2\alpha_0$$

$$\sigma_{гл}^{II} = \sigma_z \cos^2(\alpha_0 + 90°) + \sigma_y \sin^2(\alpha_0 + 90°) - \tau_{zy} \sin 2(\alpha_0 + 90°)$$

Если в данных выражениях выразить sin и cos через tg 2α, а величину tg 2α взять по формуле (***) в результате получаем:

$$\sigma_{гл} = \sigma_{min}^{max} = \frac{\sigma_z + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{zy}^2}$$



$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$

50 МПа → σ_2

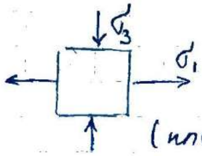
200 МПа → σ_1

-300 МПа → σ_3

Могут иметь место 3 случая:

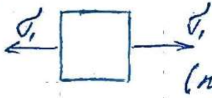
1 $\sigma_1 \neq 0$; $\sigma_2 \neq 0$; $\sigma_3 \neq 0$ ОНС (объемное напряженное состояние)

2 $\sigma_2 = 0$; $\sigma_1 \neq 0$; $\sigma_3 \neq 0$



ПНС (плоское напряженное состояние)

3 $\sigma_2 = 0$; $\sigma_3 = 0$; $\sigma_1 \neq 0$



ЛНС (линейное напряженное состояние одноосное)

§4 Определение главных напряжений в брусе

Поскольку считается, что соседние волокна в брусе не давят друг на друга, то $\sigma_y = 0$

$$\sigma_{гл} = \sigma_{\min}^{\max} = \sigma_3^1 = \frac{\sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_z^2}$$

$$tg 2\alpha_0 = -\frac{2\tau_{zy}}{\sigma_z}$$

Частные случаи

1 Растяжение (сжатие)

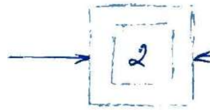
$$\sigma_z = \frac{N_z}{A}$$

$$\sigma_{гл} = \frac{\sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z}{2}\right)^2} = \frac{\sigma_z}{2} \pm \frac{\sigma_z}{2}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = \sigma_z \qquad tg 2\alpha_0 = -\frac{2\cdot \overset{=\tau_z}{0}}{\sigma_z} = 0$$

$$\sigma_{min} = \sigma_3 = 0$$

Сжатие



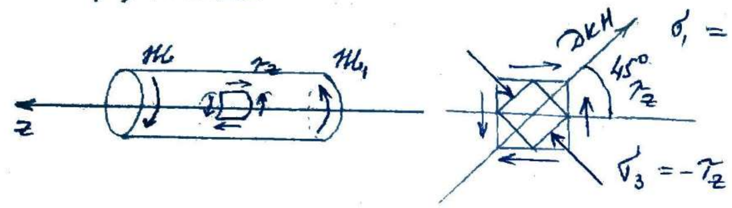
$$\sigma_z = \frac{N_z}{A}$$

$$\sigma_{гл} = \frac{-\sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-\sigma_z}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = -\frac{\sigma_z}{2} + \frac{\sigma_z}{2} = 0 \qquad tg 2\alpha_0 = \frac{2\cdot 0}{-\sigma_z} = 0$$

$$\sigma_{min} = \sigma_3 = -\frac{\sigma_z}{2} - \frac{\sigma_z}{2} = -\sigma_z$$

2. Кручение



$\sigma_1 = +\tau_z$

$\sigma_3 = -\tau_z$

$\sigma_{гл} = \sigma_3^1 = \pm\sqrt{\tau_z^2} = \pm\tau_z$

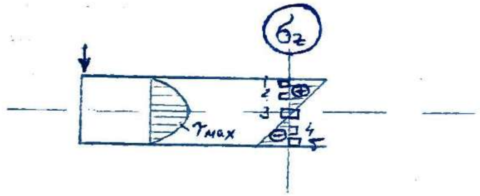
$\sigma_{max} = \sigma_1 = +\tau_z$

$\sigma_{min} = \sigma_3 = -\tau_z$

$tg\,2\alpha_0 = \frac{-2(-\tau_z)}{0}$

$2\alpha_0 = 90°; \quad \alpha_0 = 45°$

3. Изгиб



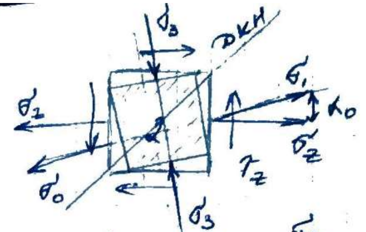
$\sigma_z = \sigma_1$

$\sigma_{гл} = \sigma_3^1 = \frac{\sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z^{max}}{2}\right)^2}$

$\sigma_{max} = \sigma_1 = \sigma_z^{max}$

$\sigma_3 = 0$

$\alpha_0 = 0$



$\sigma_{max} = \sigma_1 = \frac{\sigma_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_z^2}$

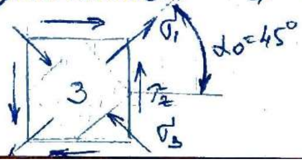
$\sigma_{min} = \sigma_3 = \frac{\sigma_z}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_z^2}$

$tg\,2\alpha = -2\frac{(-\tau_z)}{\sigma_z} = \frac{2\tau_z}{\sigma_z}$

$\alpha_0 = \frac{1}{2}\,arctg\left(\frac{2\tau_z}{\sigma_z}\right)$

Определив угол α_0, выбираем площадку с алгебраически большим нормальным напряжением.

Это вертикальная площадка, поворачиваем ее на угол α_0 против часов. стрелки. При этом направление наибольшего главного напряжения будет всегда заключено внутри 45° образованного алгебраически большим нормальным напряжением и Д.К.Н.



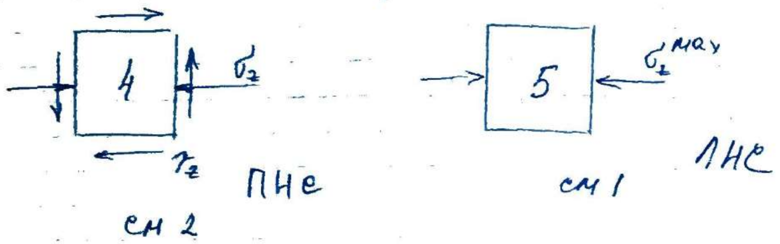
нсче

$\sigma_3^1 = \pm\sqrt{(\tau_z^{max})^2} = \pm\tau_z^{max}$

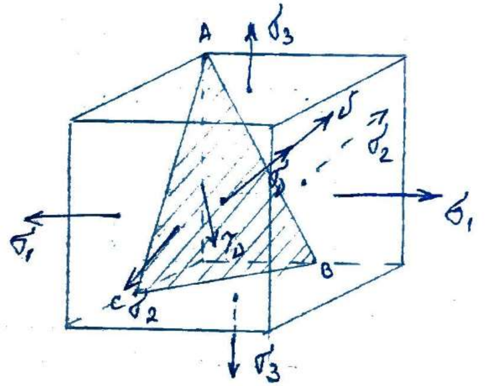
$\sigma_1 = \tau_z^{max}$

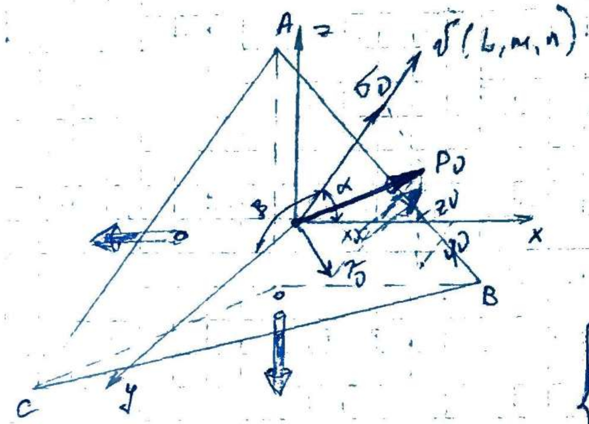
$\sigma_3 = -\tau_z^{max}$

$$tg\,2\alpha_0 = -\frac{2(-\tau_z^{max})}{0} = +\infty \to \alpha_0 = 45^\circ$$



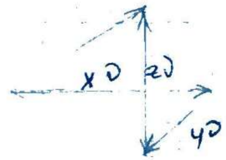
§5 Определение напряжений в произвольных площадках через главное напряжение





$P_\nu(\overbrace{x_\nu, y_\nu, z_\nu})$

$$\begin{cases} l = \cos\alpha \\ m = \cos\beta \\ n = \cos\gamma \end{cases}$$



Запишем условие равновесия по осям:

$X: \ x_\nu dA = \sigma_1 dA \cos\alpha$

$Y: \ y_\nu dA = \sigma_2 dA \cos\beta$

$Z: \ z_\nu dA = \sigma_3 dA \cos\gamma$

$x_\nu = \sigma_1 \cos\alpha$

$y_\nu = \sigma_2 \cos\beta$

$z_\nu = \sigma_3 \cos\gamma$

$S_{ABC} = dA$

$S_{AOC} = dA\overbrace{\cos\alpha}^{l}$

$S_{AOB} = dA\overbrace{\cos\beta}^{m}$

$S_{BOC} = dA\overbrace{\cos\gamma}^{n}$

$P_\nu = x_\nu^2 + y_\nu^2 + z_\nu^2$

$P_\nu^2 = (\sigma_1 l)^2 + (\sigma_2 m)^2 + (\sigma_3 n)^2$

Раскладываем P_ν на нормальную и касательную составляющие

$$\sigma_\nu dA = \sigma_1 (dA\cos\alpha)\cos\alpha + \sigma_2 (dA\cos\beta)\cos\beta + \sigma_3 (dA\cos\gamma)\cos\gamma$$

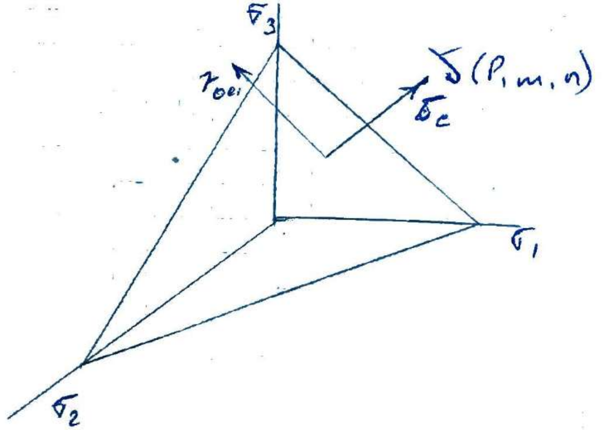
$$\sigma_\nu = \sigma_1\cos^2\alpha + \sigma_2\cos^2\beta + \sigma_3\cos^3\gamma \quad (*)$$

$$\tau_\nu = \sqrt{P_\nu^2 - \sigma_\nu^2} \quad (**)$$

Частные случаи

Частные случаи

1 Напряжение в октаэдрических площадках (площадка равнонаклоненная к главным площадкам или осям)

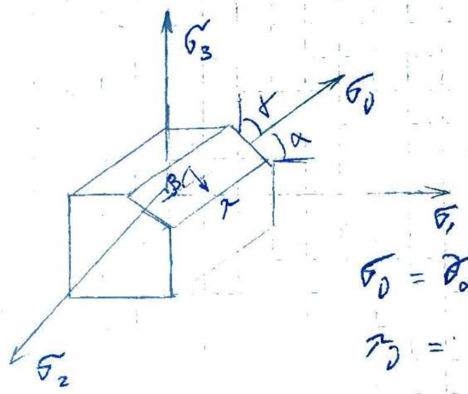


$l = m = n = \pm\frac{1}{\sqrt{3}}$ $\quad l^2 + m^2 + n^2 = 1$

$$\sigma_\nu = \sigma_{окт} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \sigma_{ср}$$

$$\tau_\nu = \tau_{окт} = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

2. Напряжения в площадках ∥ одному из главных напряжений.



α - произвольный угол

$\beta = \frac{\pi}{2}$

$\gamma = (\frac{\pi}{2} - \alpha)$

$$\sigma_\nu = \sigma_\alpha = \sigma_1 \cdot \cos^2\alpha + \sigma_3 \sin^2\alpha$$

$$\tau_\nu = \tau_\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad (***)$$

Вывод: если площадка ∥ одному из напряжений, то это напряжение не оказывает влияние на величины σ и τ

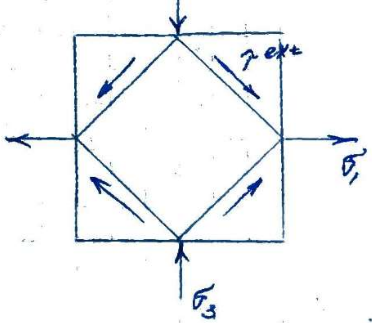
Максимальное касательное напряжение (экстремальное)

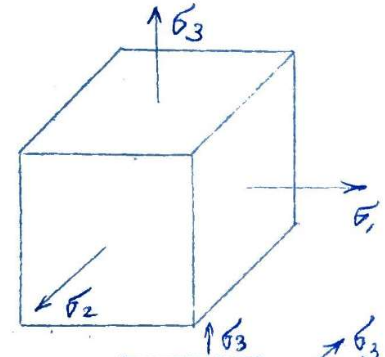
Исследуя формулу (***) на экстремум можно придти к выводу:

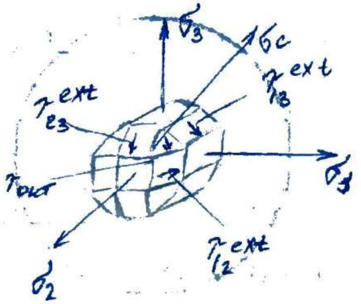
$\sin 2\alpha = 1$

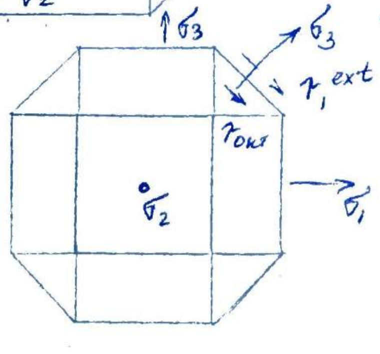
$$\tau_\alpha^{ext} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \qquad 2\alpha = 90^\circ \qquad \alpha = 45^\circ$$

Экстремальное касательное напряжение имеет место в площадках равнонаклоненных к главным, при этом направление τ_α^{ext} идет от меньшего к большему





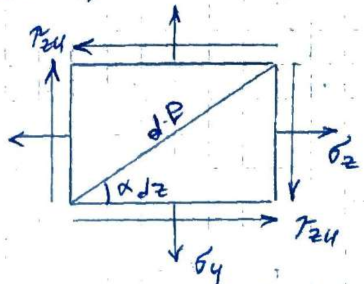




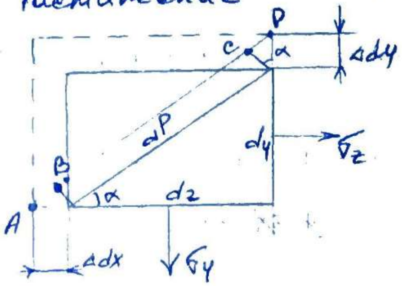
ромбо-кубо октаэдр
26 граней

§6 Основы теории деформации.

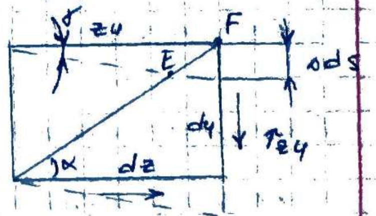
Изобразим в ПНС и рассмотрим деформацию ее диагонали



Растяжение



Сдвиг



Деформации диагонали расположенной под углом α

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\Delta dL}{dP}$$

$$\Delta dP = AB + CD \quad - EF \ (*)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta dz}{dz} \qquad \varepsilon_y = \frac{\Delta dy}{dy}$$

$$d_{zy} = \frac{\Delta ds}{dz}$$

$(*) \Rightarrow \Delta dz \cos\alpha + \Delta dy \sin\alpha - \Delta ds \sin\alpha =$

$= \varepsilon_z dz \cos\alpha + \varepsilon_y dy \sin\alpha \cdot \gamma_{zy} dz \cdot \sin\alpha =$

$= \varepsilon_z \underbrace{(dP\cos\alpha)}_{dz} \cos\alpha + \varepsilon_y \underbrace{(dP\sin\alpha)}_{dy} \sin\alpha -$

$- \gamma_{zy}(dP\cos\alpha)\sin\alpha = \varepsilon_z dP\cos^2\alpha + \varepsilon_y dL \sin^2\alpha -$

$- \frac{dzy}{z} dP \sin^2\alpha$

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta dL}{dP} = \varepsilon_z \cos^2\alpha + \varepsilon_y \sin^2\alpha - \frac{\gamma_{zy}}{2}\sin 2\alpha \quad (****)$$

деформация в произвольном направлении

Вспомним понятие тензора напряжений и введем понятие тензора деформации

$$T_н = \sigma_y = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

$$T_д = \varepsilon_y = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yz} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{bmatrix}$$

В следствии симметрии $T_н$ и $T_д$ содержат лишь по 6 независимых компонентов. Эти компоненты полностью характеризуют напряженное (деформированное) состояние в точке.

Сравниваем выражение (****) и уравнение ранее полученное для σ_α отметим их сходимость.

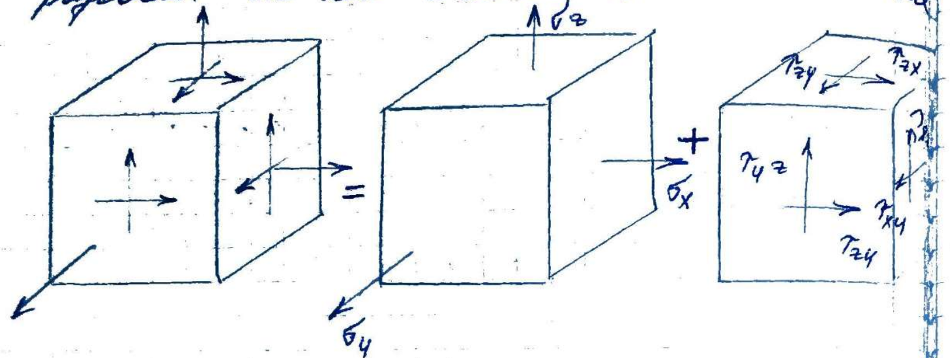
Таким образом формулы теории деформации можно получить из формул теорий напряжений, заменив компоненты $T_н$ компонентами $T_д$

$$\gamma_{zx} = (\varepsilon_z - \varepsilon_y)\sin 2\alpha + \gamma_{zy}\cos 2\alpha$$

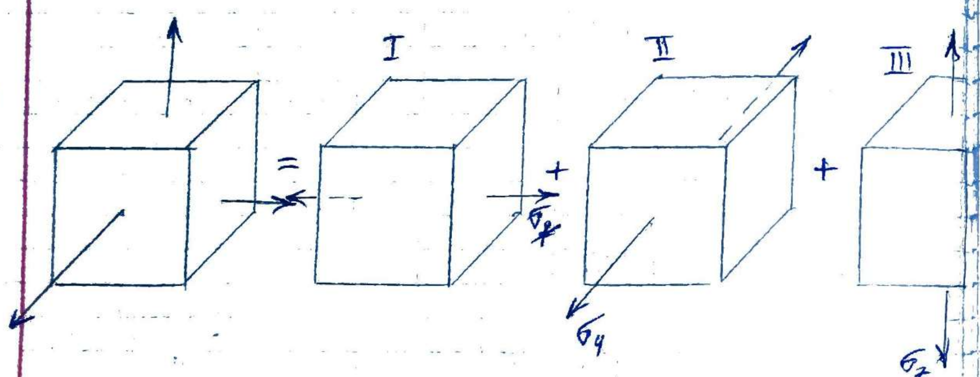
$$\varepsilon_{T_д} = \varepsilon_{min}^{max} = \varepsilon_3^1 = \frac{\varepsilon_z + \varepsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_z - \varepsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{zy}}{2}\right)^2}$$

§7 Обобщенный закон Гука

Рассмотрим элементарный куб по у действием объемного напряженного состояния и разобьем его на 2 более простых состояния



1)



I. $\sigma_z \to \varepsilon'_x = \frac{\sigma_x}{E}$; $\varepsilon'_y = -\frac{\nu \sigma_x}{E}$; $\varepsilon'_z = -\frac{\nu \sigma_x}{E}$

II. $\sigma_y \to \varepsilon''_y = \frac{\sigma_y}{E}$; $\varepsilon''_x = -\frac{\nu \sigma_y}{E}$; $\varepsilon''_z = -\frac{\nu \sigma_y}{E}$

III. $\sigma_z \to \varepsilon'''_z = \frac{\sigma_z}{E}$; $\varepsilon'''_x = -\frac{\nu \sigma_z}{E}$; $\varepsilon'''_y = -\frac{\nu \sigma_z}{E}$

Применим принцип суперпозиции складываем результаты

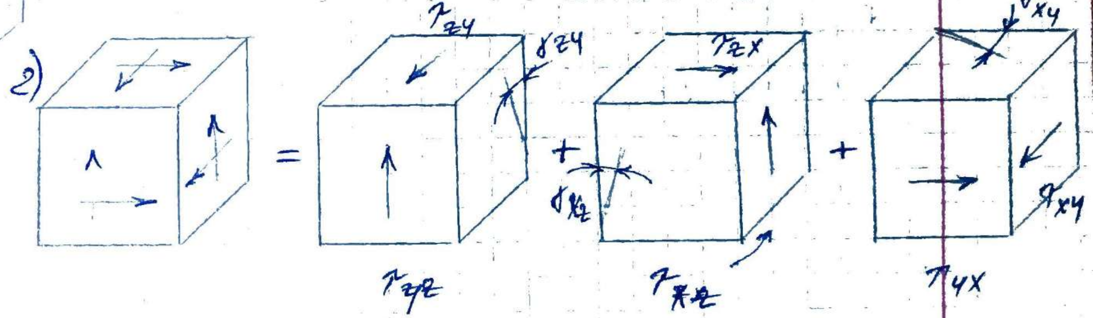
$$\varepsilon_x = \varepsilon'_x + \varepsilon''_x + \varepsilon'''_x = \frac{1}{E}\left((\sigma_x - \nu)(\sigma_y + \sigma_z)\right)$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon'_y + \varepsilon''_y + \varepsilon'''_y = \frac{1}{E}\left((\sigma_y - \nu)(\sigma_x + \sigma_z)\right)$$

$$\varepsilon_z = \varepsilon'_z + \varepsilon''_z + \varepsilon'''_z = \frac{1}{E}\left((\sigma_z - \nu)(\sigma_x - \sigma_y)\right)$$

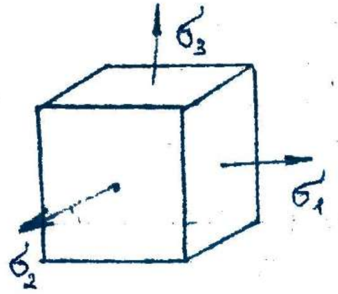
разбиваем 2 на простейшие, получаем

2)

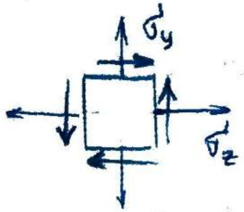


$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$ $\quad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}$ $\quad \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}$

Если оси являются главными



$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \nu(\sigma_2 - \sigma_3)]$$
$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E}[\sigma_2 - \nu(\sigma_1 + \sigma_3)]$$
$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E}[\sigma_3 - \nu(\sigma_1 + \sigma_2)]$$



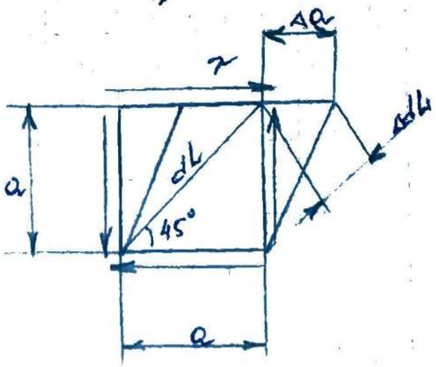
$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}(\sigma_z - \nu\sigma_y)$$
$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_z)$$
$$\varepsilon_x = -\frac{\nu}{E}(\sigma_y + \sigma_z)$$
$$\gamma_{zy} = \frac{\tau_{zy}}{G}$$

Если величины вдоль оси известны, то можно определить величины напряжений

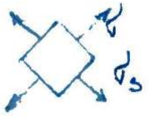
$$\sigma_z = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_z + \nu\varepsilon_y)$$
$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_z)$$
$$\tau_{zy} = G\gamma_{zy}$$

§ 8 Зависимость между тремя упругими постоянными

Рассмотрим элемент при НСЧС (напряж. сост. чист. сдвига)



$$\varepsilon = \frac{\Delta dl}{dl} = \frac{\gamma \cdot a\sqrt{2}\sqrt{2}}{2 \cdot a \cdot 2} = \frac{\gamma}{2}$$
$$\Delta dl = \Delta a \cdot \sin 45° = \Delta a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$
$$tg\gamma = \gamma = \frac{\Delta a}{a}$$
$$dl = \frac{a}{\cos 45°} = \frac{a \cdot 2}{\sqrt{2}}$$



$\sigma_1 = \tau$
$\sigma_3 = -\tau$

$$\varepsilon = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \nu(\overset{0}{\sigma_2} + \sigma_3)] = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \nu\sigma_3] =$$
$$= \frac{1}{E}[\tau - \nu(-\tau)] = \frac{\tau}{E}(1+\nu)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon$$

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{\tau}{E}(1+\nu), \quad \tau = G\gamma$$

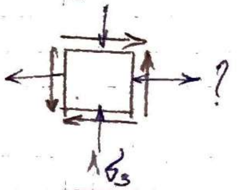
$$\frac{\gamma}{2} = \frac{G\gamma}{E}(1+\nu)$$

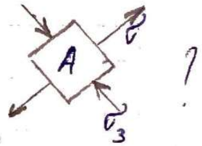
$$\boxed{G = \frac{E}{2(1+\nu)}}\ !$$

§9 Гипотезы прочности и пластичности

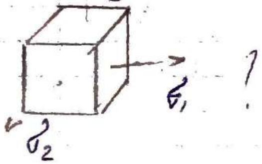
$\sigma \le [\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{n}$

$\tau \le [\tau]$





а)



Как оценивать прочность частиц в сложном напряженном состоянии.

На настоящий момент не существует универсальной теории для оценки прочности частицы при сложном напряженном состоянии. Делается допущение, что предельное состояние определяется только напряженным состоянием в данной точке, чтобы оценить опасность заданного НС, оно сравнивается с предельным состоянием.

Чтобы сравнить прочность точек А и В подбирается такое напряжение $\sigma_{экв}$, чтобы это эквивалентное состояние было равноопасным с заданным

б)

Для решения этой задачи выдвигались разные гипотезы:

1 Гипотеза наибольших нормальных напряжений (Галилей)

$$\left.\begin{array}{l} а)\ \sigma_1 \le [\sigma] \\ б)\ \sigma_{экв} \le [\sigma] \end{array}\right\}\ а) = б)$$

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 \le [\sigma]$$

Минусы гипотезы:

1) Не учитывает σ_1 и σ_3

2) Экспериментально подтверждается только для хрупких материалов.

В настоящ. время не применяется

2. Гипотеза наибольших линейных деформаций. (Кулон)

$$\left.\begin{array}{l} а)\ \varepsilon_{max} = \varepsilon_1 = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \nu(\sigma_2 - \sigma_3)] \\ б)\ \varepsilon_{max} = \frac{\sigma_{экв}}{E} \end{array}\right\} а = б$$

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 + \nu(\sigma_2 + \sigma_3) \le [\sigma]$$

Минусы гипотезы:

1) справедливо только для хрупких матер.

3. Гипотеза наибольших касательных напряжений - ответственные за разрушение являются максимальные касательные напряжения)

$$а = б \left\{\begin{array}{l} а)\ \tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ б)\ \tau_{max} = \frac{\sigma_{экв}}{2} \end{array}\right\} \rightarrow \boxed{\sigma_{экв} = \sigma_1 - \sigma_3 \le [\sigma]}$$

$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_T$ Треска критерий пластичности

Минусы:

1) справедлива только для пластичных
2) не учитывает σ_2

Используется

4. Гипотеза максимальных октаэдрических касательных напряжений.

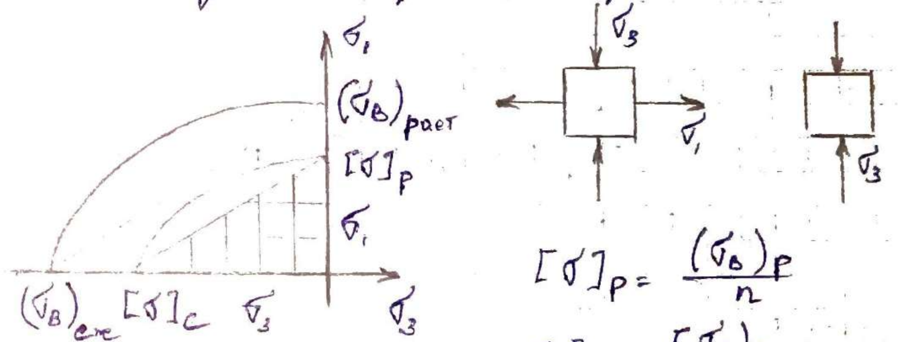
$$а = б \left\{\begin{array}{l} а)\ \tau_{окт} = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 - (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \\ б)\ \tau_{окт} = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_{экв} - 0)^2 + (0-0)^2 + (0 - \sigma_{экв})^2} = \frac{\sqrt{2}}{3}\sigma_{экв} \end{array}\right.$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \le [\sigma] = \sigma_T$$

(Мизес)

формула пластичност Мизеса

5. Гипотеза О. Мора. (экспеременн. гипотеза)



$$[\sigma]_p = \frac{(\sigma_B)_p}{n}$$

$$[\sigma]_c = \frac{(\sigma_B)_c}{n}$$

Получается экспер. путем.

Она является механической характеристикой материала. Для каждого материала она своя.

σ_2 - пренебрегаем

на практике кривую заменяют прямой

$$\frac{\sigma_1}{[\sigma]_p} - \frac{\sigma_3}{[\sigma]_c} = 1 \quad \Big| \cdot [\sigma]_p$$

$$\sigma_1 - \underbrace{\frac{[\sigma]_p}{[\sigma]_c}}_{=k}\sigma_3 = [\sigma]_p$$

$k = 1$ для пластичных

$$k = \frac{[\sigma]_p}{[\sigma]_c}$$

$\sigma_{экв} = \sigma_1 - k\sigma_3 \leq [\sigma]_p$ гипотеза Мора

При $k = 1$ гипотеза совпадает с 3й гипотезой прочности.

Плюсы гипотезы:

- применима для хрупких и пластичных материалов

Минусы:

- Напряженно рожены соотносятся спец. образом. $\frac{\sigma_3}{\sigma_1} \leq 0$, но напряженное состояние в брусе как раз отвечает этому условию, поэтому теория Мора широко применяется в инженерных расчетах.

Глава 4

§1 Общий случай расчетов на прочность

При сложных сопротивлениях в поперечном сечении бруса действуют одновременно несколько силовых факторов. расчеты на прочность при сс основываются на принципе независимости действия сил.

Алгоритм решения задач:

1 построить эпюру ВСФ и найти опасные сечения

2 В опасных сечениях построить эпюры напряжений и найти опасные точки

3 для опасной точки изобразить напряженное состояние и сделать проверку по условию прочности (гипотеза прочн