## З А Д А Ч А № 5

Для тонкостенной трубы (схемы I–У) или бруса (схемы УI–Х), нагруженных как показано на рис.5, определить запас прочности

Материал трубы и бруса-сталь У-8 незакаленная

$\sigma_{тр}$ = 250 МПа; $\sigma_{тс}$ = 430 МПа.

Исходные данные взять из таблицы 4.

**Построить эпюры: $M_{игб}$; $T_{кр}$; N**

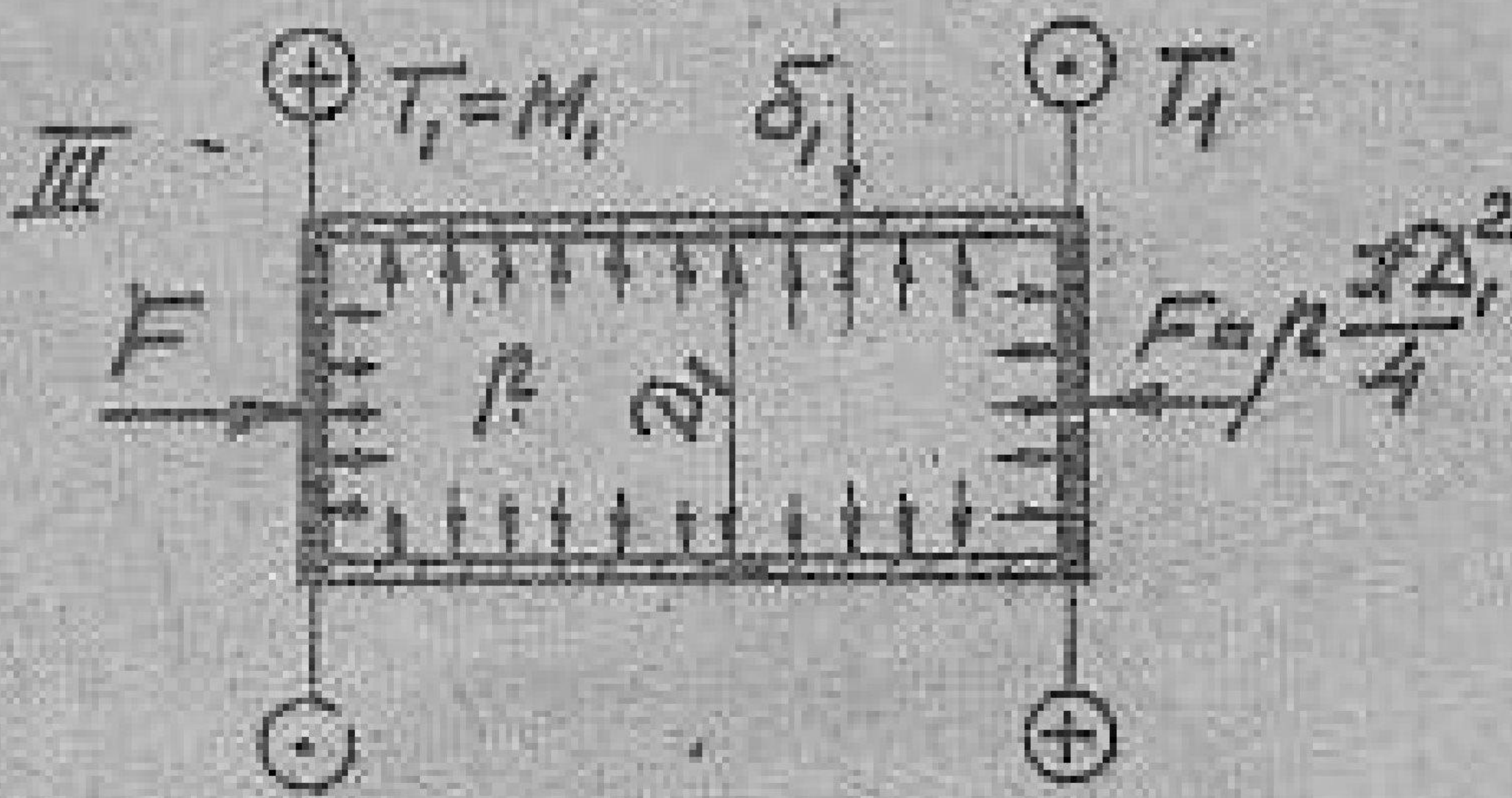

III
T₁=M₁
δ₁
T₁
F
p
D₁
F=p πD₁²/4

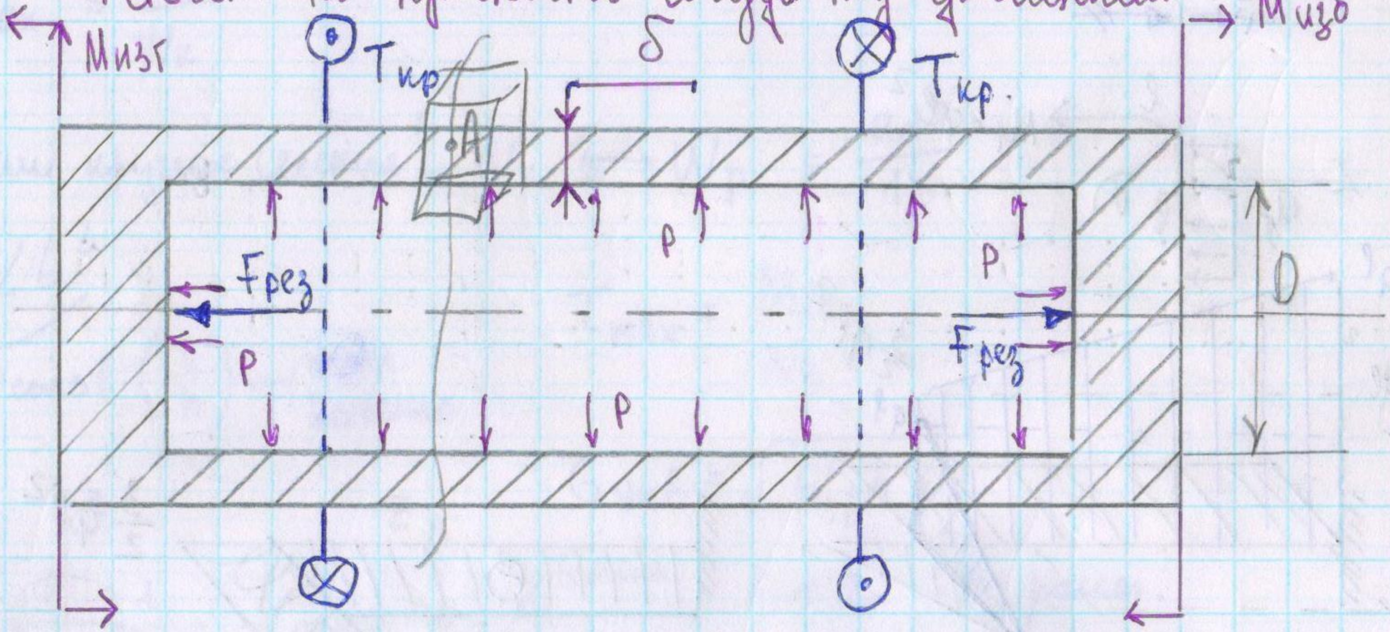
Таблица 4

| номер строки | Схема | $M_1$ кнм | $T_2$ кнм | $T_3$ кнм | $F_1$ кн | $F_2$ кн | $p$ МПа | $D_1$ см | $D_2$ см | $\delta_1$ см | $\delta_2$ см | $d_1$ см | $d_2$ см | $c$ м | $h$ см |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | I | 50 | I | 4 | I00 | 90 | 3,5 | 2 | 7,6 | 0,I2 | 0,5 | 5 | I0 | 0,5 | 5 |
| 2 | П | 48 | 2 | 3 | 90 | I00 | 3,0 | 2,I | 8,6 | 0,I3 | 0,6 | 5,5 | I0,2 | 0,6 | 5,2 |
| 3 | Ш | 44 | 3 | 5 | 80 | II0 | 2,5 | 2,2 | 6,5 | 0,I4 | 0,7 | 6 | I0,4 | 0,7 | 5,4 |
| 4 | IУ | 42 | 4 | 6 | 70 | I20 | 2,2 | 2,3 | 7,5 | 0,I5 | 0,55 | 6,5 | I0,6 | 0,8 | 5,6 |
| 5 | У | 46 | 5 | 3 | 60 | 95 | 3,0 | 2,4 | 8,5 | 0,I6 | 0,65 | 4,5 | I0,8 | 0,9 | 5,8 |
| 6 | УI | 45 | 3,5 | 4,5 | 55 | II5 | 2,0 | 2,5 | 9,5 | 0,I7 | 0,75 | 5,2 | II | I | 6 |
| 7 | УП | 40 | 2,5 | 6,5 | 65 | I25 | I,8 | 2,6 | 7 | 0,I8 | 0,8 | 6,3 | II,2 | 0,55 | 6,2 |
| 8 | УШ | 35 | 5,2 | 4,8 | 75 | I30 | I,5 | 2,7 | 8 | 0,I9 | 0,85 | 5,8 | II,4 | 0,65 | 6,4 |
| 9 | IХ | 25 | 4,5 | 7 | 85 | I40 | 3,0 | 2,8 | 9 | 0,2 | 0,9 | 6,4 | II,6 | 0,75 | 6,6 |
| 0 | 0 | 20 | 5,5 | 3,5 | 95 | I35 | 3,4 | 3 | I0 | 0,I | 0,95 | 5,3 | I2 | 0,85 | 7 |
|  | Б | А | Б | В | Б | В | А | Г | Д | А | Б | В | А | Г | Д |

Вар. 13762

08.04.16 **ПРИМЕР** Семинар

# Расчет на прочность сосуда под давлением.




Дано: тонкостенная труба с массивными днищами находится под воздействием внутреннего давления P, а также изгибающего и крутящего моментов. Материал трубы сталь

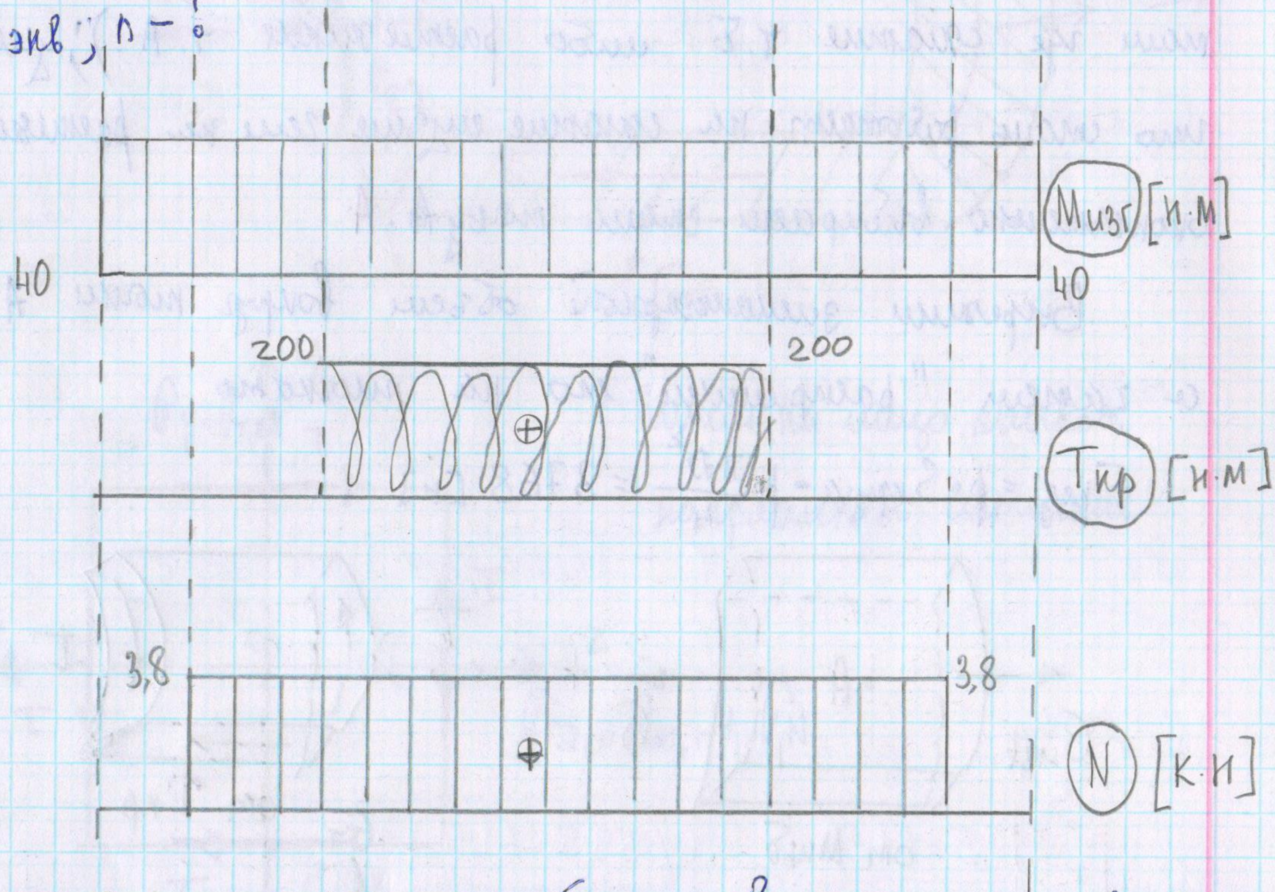
$p = 3$ МПа; $M = 40$ н·м; $T = 200$ н·м; $D = 40$ мм; $\delta = 1$ мм; $[n]_т = 2$

рекомендуемый для конструкции запас прочности по текучести

$\sigma_{т.р} = 250$ МПа; $\sigma_{тсж} = 430$ МПа

Требуется: проверить прочность трубы и определить запас прочности

$\sigma_{экв}$; $n$ – ?



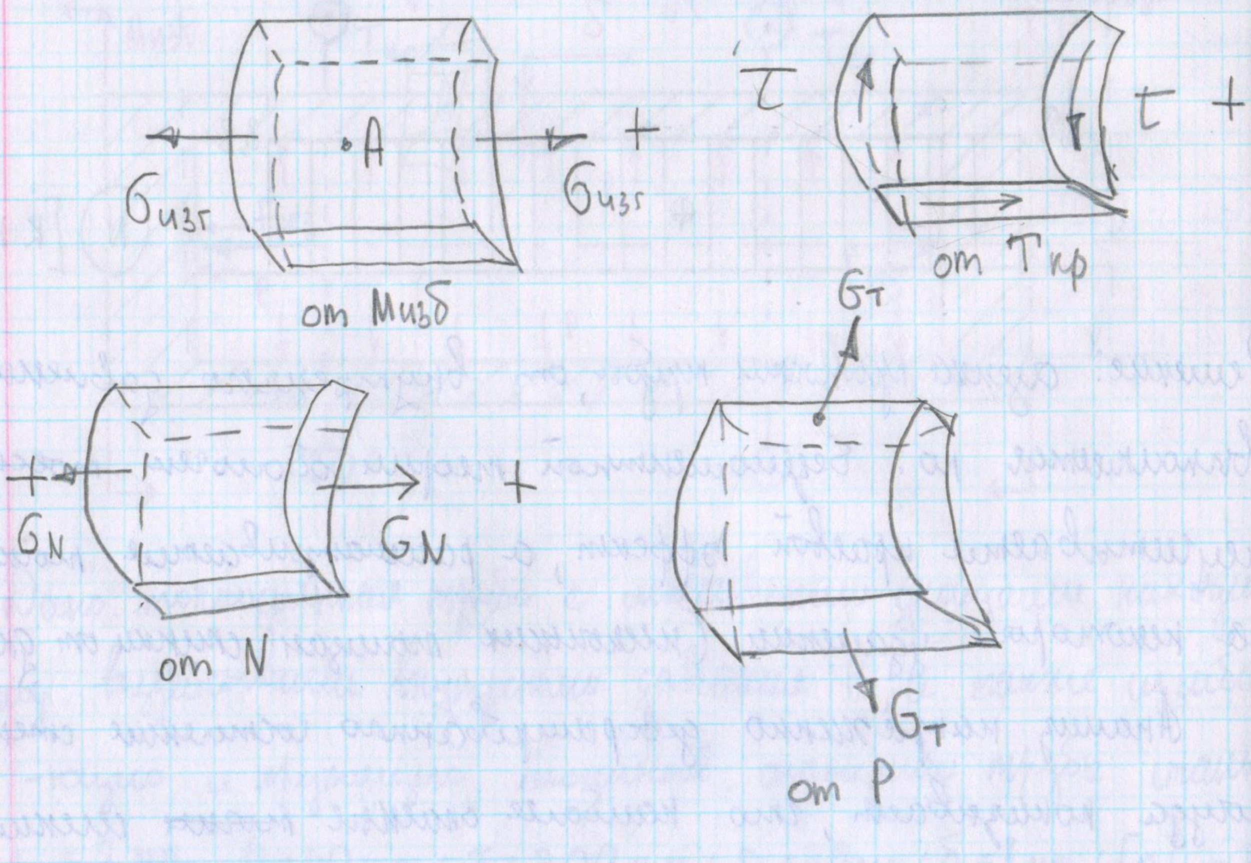

Решение: оценка прочности трубы, от внутреннего давления, выполняется по: безмоментной теории оболочек то есть не учитывается краевой эффект, а рассматриваются точки на некотором удалении (нескольких толщин стенки от днища)

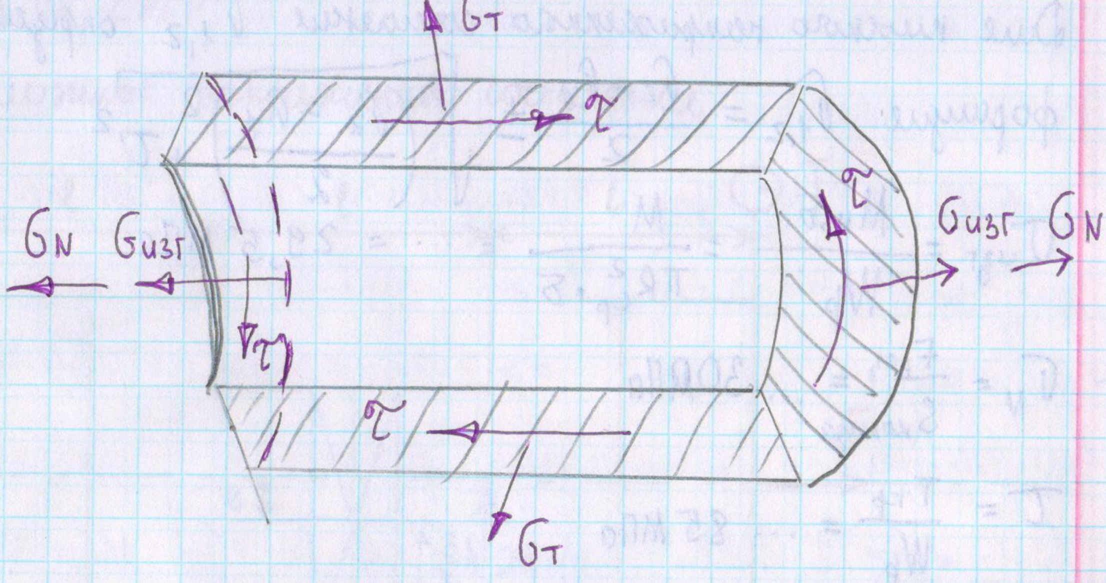
Анализ напряженно деформированного состояния стенок сосуда показывает, что наиболее опасные ~~точки~~ сечения расположены между местами приложения крутящего момента.

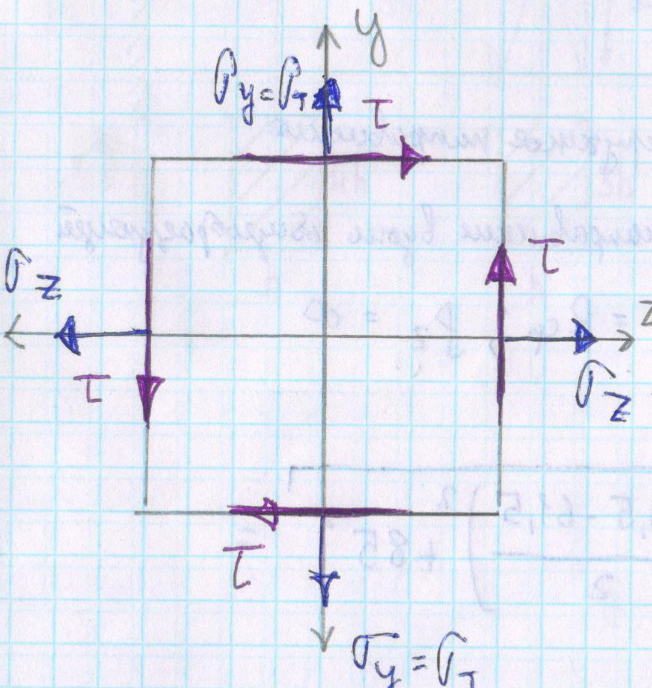
Любое текущее сечение трубы на этом участке равноопасно, следовательно опасные точки будут в верхних либо в нижних нагруженных волокнах трубы. (то есть либо там где сжатие т. Б либо растяжение т. А.); учитывая что сталь работает на сжатие лучше чем на растяжение окончательно выбираем сталь точку ~~А~~ - А

Вырежем элементарный объем вокруг точки А, а затем "распрямим" его на плоскость

$$F_{рез} = p \cdot S_{круга} = p\frac{\pi D^2}{4} = 3768 \text{ [Н]}$$






Имеем на лицо плоское напряженное состояние

Для оценки напряженно деформированного состояния следует воспользоваться теорией прочности. Поскольку следует применить теорию прочности Мора

$$\sigma_{т.р} \neq \sigma_{т.сж} \Rightarrow \boxed{\sigma_{экв} = \sigma_1 - \alpha\sigma_2} \leqslant \frac{\sigma_{т.р}}{[n]_т}$$

ф-ла Навье

Для плоского напряженного состояния $\sigma_{1,2}$ определяется по формуле $\sigma_{1,2} = \dfrac{\sigma_z + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\dfrac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изб}}{W_p} = \frac{M}{\pi R_{cp}^2 \cdot \delta} = \dots = 29,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_N = \frac{F_{рез}}{S_{кольца}} = \dots 30 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{T_{кр}}{W_p} = \dots 85 \text{ МПа}$$

Согласно ф-ле Лапласа:

$$\underbrace{\frac{\sigma_\tau}{\rho_\tau} + \frac{\sigma_z^N}{\rho_z} = \frac{p}{\delta}}$$

"τ" – окружное направление

"z" – направление вдоль образующей

$\Downarrow$ $\rho_\tau = R_{cp}$; $\rho_z = \infty$

$\Downarrow$

$$\sigma_\tau = \frac{pR_{cp}}{\delta} = \dots 61,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{59,5 + 61,5}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{59,5 - 61,5}{2}\right)^2 + 85^2} =$$

$$= 60,5 \pm 85,1 \text{ [МПа]}$$

$\sigma_1 = 145,6$ МПа; $\sigma_2 = -24,6$ МПа; $\sigma_3 = 0$ МПа

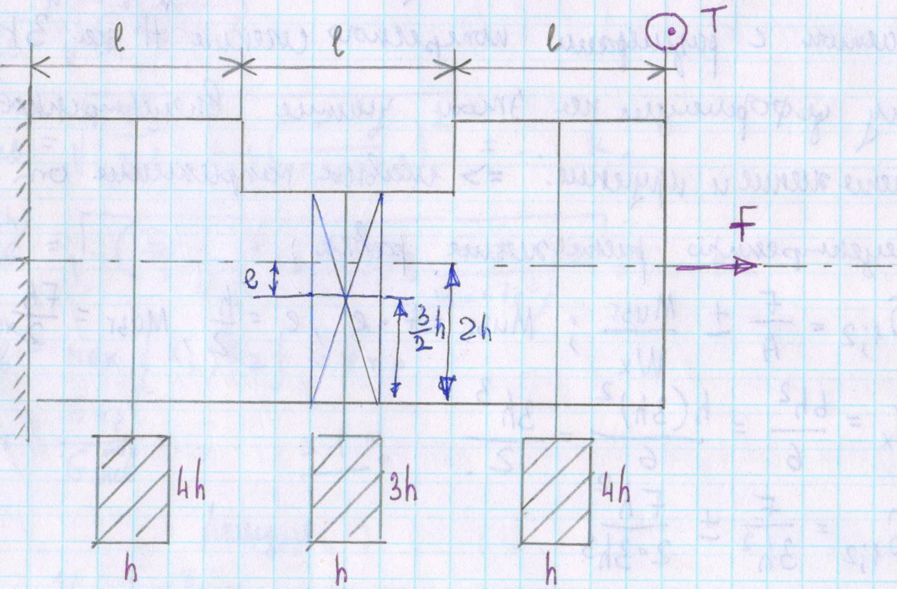
$$\sigma_{экв} = 146,5 - \frac{250}{430}(-24,6) = 160 \text{ МПа}$$

$$n_т = \frac{\sigma_{т.р}}{\sigma_{экв}} = \frac{250}{160} \approx 1,6 < 2!$$

Конструкция условие прочности не удовлетворяет.

Задача №5 из 2РГР

Сложное напряженное состояние.




Дано: консоль нагруж. силой "F" и крутящим моментом "T".

Материал консоли сталь. Требуется определить запас прочности.

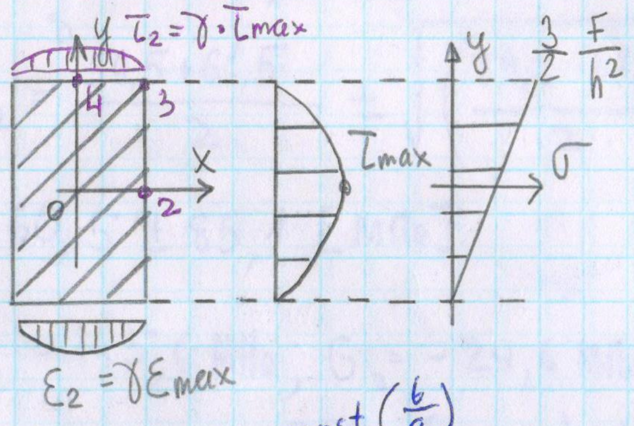
Решение: наиболее опасным участком консоли является участок с размерами поперечного сечения "Н" на "3Н". Вид деформации на этом участке внецентренное растяжение и кручение. => главное напряжение от внецентренного растяжения равна:

$$\sigma_{1;2} = \frac{F}{A} \pm \frac{M_{изг}}{W_x}; \quad M_{изг} = F \cdot e, \quad e = \frac{h}{2}, \quad M_{изг} = \frac{Fh}{2}$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{h(3h)^2}{6} = \frac{3h^3}{2}.$$

$$\sigma_{1;2} = \frac{F}{3h^2} \pm \frac{Fh^2}{2 \cdot 3h^3}$$

$$\sigma_{1;2} = \frac{F}{3h^2} \pm \frac{F}{3h^2} \Rightarrow \sigma_1 = \frac{2}{3}\frac{F}{h_2}; \quad \sigma_2 = 0$$




$$\tau = \frac{T}{W_k}; \quad W_k = \overset{const\left(\frac{b}{a}\right)}{\alpha} \, \underset{3h}{b} \, \underset{h}{a}^2, \quad где\ b > a$$

у нас: $b/h = 3 \Rightarrow$ $\alpha = 0{,}267$, $\gamma = 0{,}753$ → табл. знач.!

Величина эквивалентных напряжений рассчитывают по теории прочности max касательных напряжений

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{экв}^{(т.2)} = \sqrt{\left(\frac{F}{3h^2}\right)^2 + 4\left(\frac{T}{0,267\,h^3}\right)^2} = \ldots\ k_1$$

$$\sigma_{экв}^{(т.4)} = \sqrt{\left(\frac{2}{3}\,\frac{F}{h^2}\right)^2 + 4\left(0,753\,\frac{T}{0,267h^3}\right)^2} = \ldots\ k_2$$

$$\sigma_{экв}^{max} = max\{k_1; k_2\} \le \sigma_{т.р}$$

$$[n]_т = \frac{\sigma_{тр}}{\sigma_{экв}^{max}} = \ldots\ \underline{\ge 1}\,!$$