

З а д а ч а № 5

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

Материал трубы и бруса-сталь У-8 не закаленная

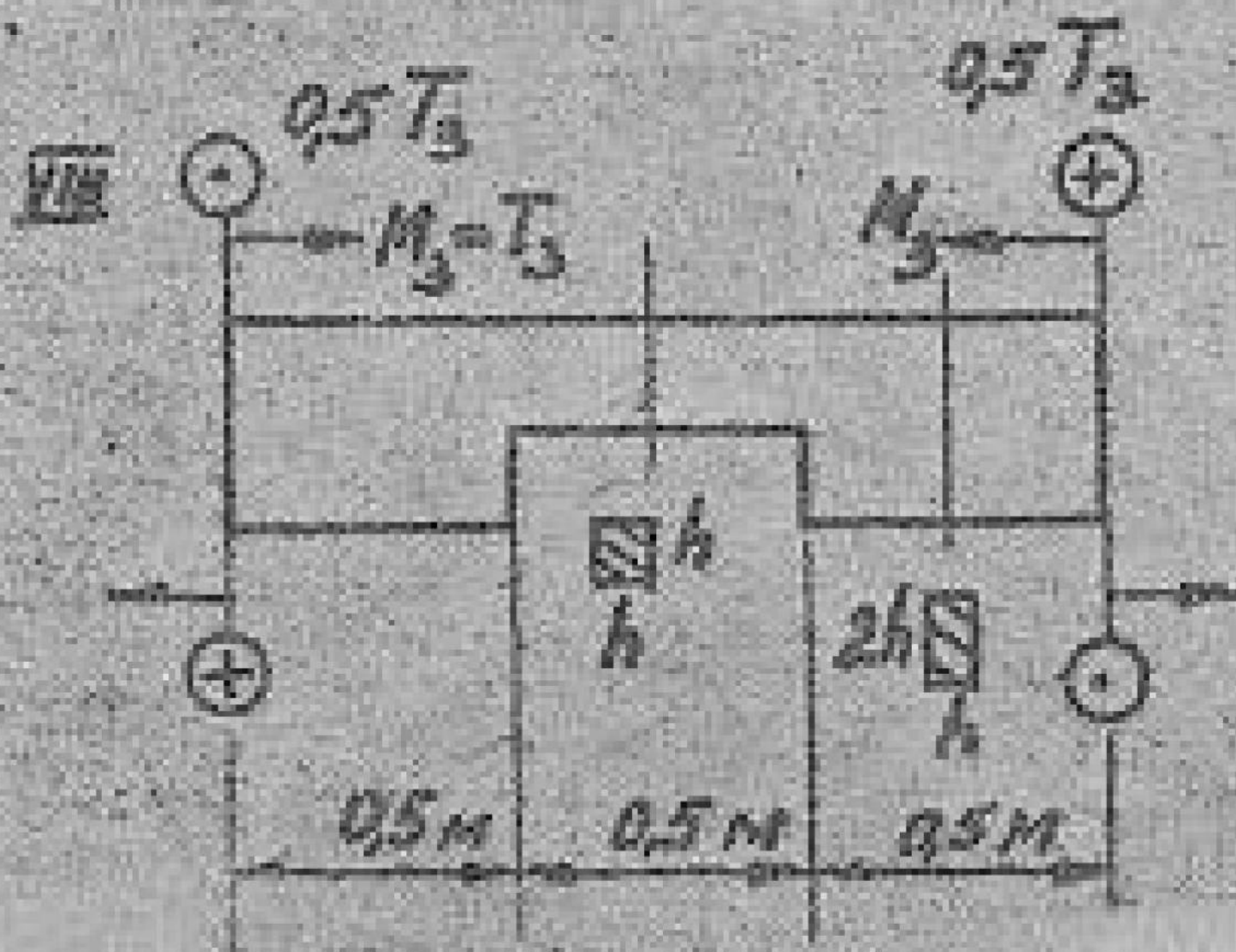
$$\sigma_{\text{т}} = 250 \text{ МПа}; \quad \sigma_{\text{с}} = 430 \text{ МПа.}$$

Исходные данные взять из таблицы 4.

Построить эпюры: $M_{\text{изб}}$; $T_{\text{кр}}$; N

Таблица 4

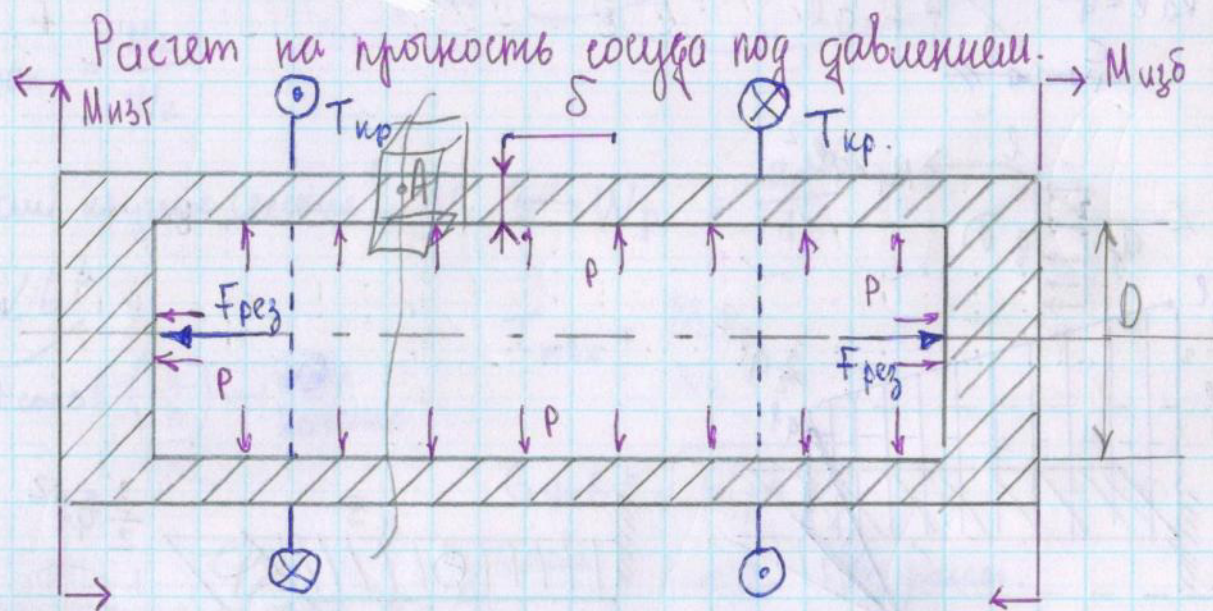
номер строки	Схема	M_1 кНм	T_2 кНм	T_3 кНм	F_1 кН	F_2 кН	ρ МПа	D_1 см	D_2 см	δ_1 см	δ_2 см	d_1 см	d_2 см	c м	h см
1	I	50	1	4	100	90	3,5	2	7,6	0,12	0,5	5	10	0,5	5
2	II	48	2	3	90	100	3,0	2,1	8,6	0,18	0,6	5,5	10,2	0,6	5,2
3	III	44	3	5	80	110	2,5	2,2	6,5	0,14	0,7	6	10,4	0,7	5,4
4	IV	42	4	6	70	120	2,2	2,3	7,5	0,15	0,55	6,5	10,6	0,8	5,6
5	V	46	5	3	60	95	3,0	2,4	8,5	0,16	0,65	4,5	10,8	0,9	5,8
6	VI	45	3,5	4,5	55	115	2,0	2,5	9,5	0,17	0,75	5,2	11	1	6
7	VII	40	2,5	6,5	65	125	1,8	2,6	7	0,18	0,8	6,3	11,2	0,55	6,2
8	VIII	35	5,2	4,8	75	130	1,5	2,7	8	0,19	0,85	5,8	11,4	0,63	6,4
9	IX	25	4,5	7	85	140	3,0	2,8	9	0,2	0,9	6,4	11,6	0,75	6,6
0	0	20	5,5	3,5	95	135	3,4	3	10	0,1	0,95	5,3	12	0,85	7
	Б	А	Б	В	Б	В	А	Г	Д	А	Б	В	А	Г	Д



PUC 5

08.04.16

ПРИМЕР - Семакар



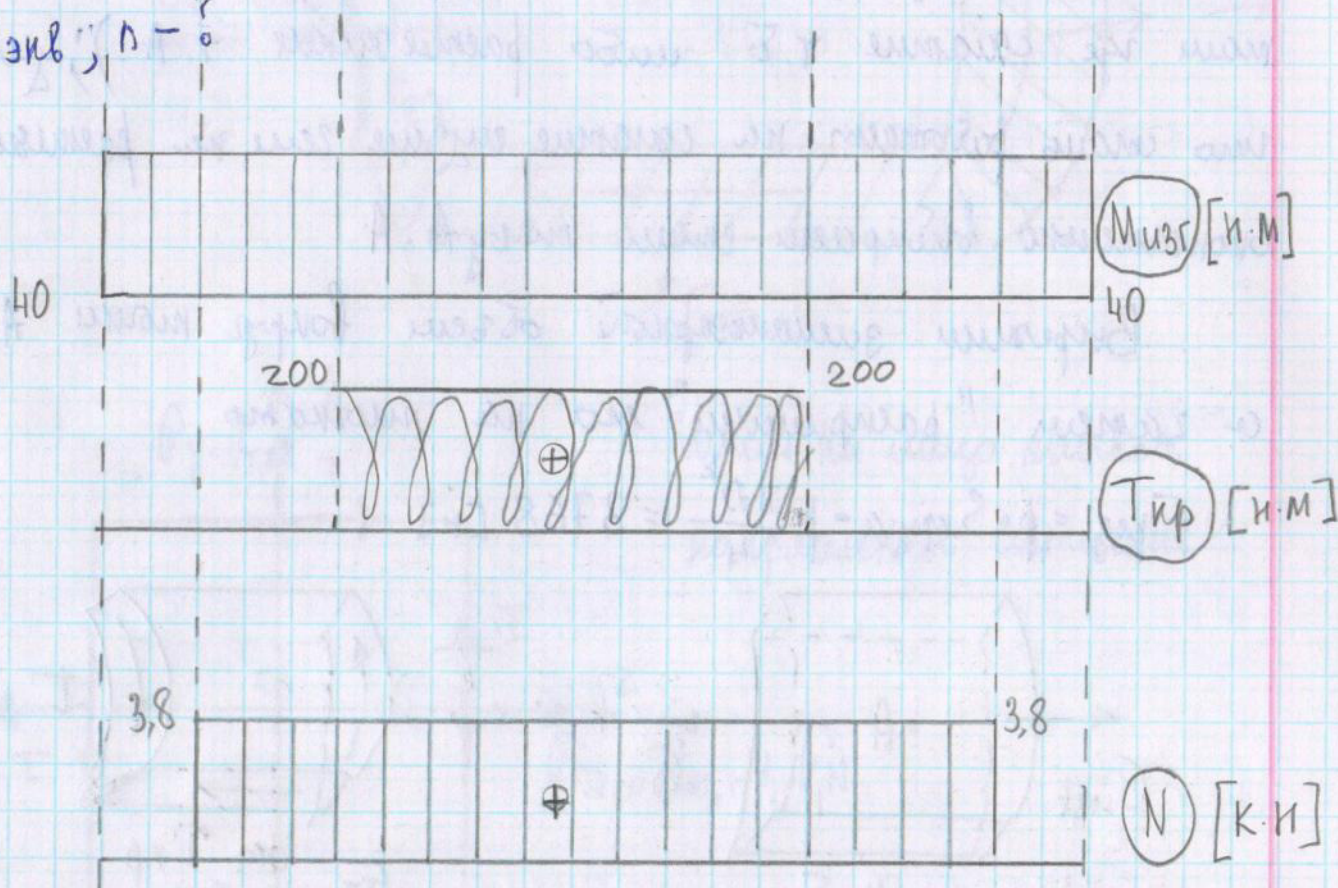
Дано: толстостенная труба с массивными концами находится под воздействием внутреннего давления p , а также изгиб-
-момента и крутящего момента. материал трубы сталь
 $p = 3 \text{ МПа}$; $M = 40 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $T = 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $D = 40 \text{ мм}$; $\delta = 1 \text{ мм}$; $[n]_T = 2$

рекомендуемой для конструкции задан прочности по прочности

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

Требуется: проверить прочность трубы и определить запас прочности

$$\sigma_{эпв}; n - ?$$



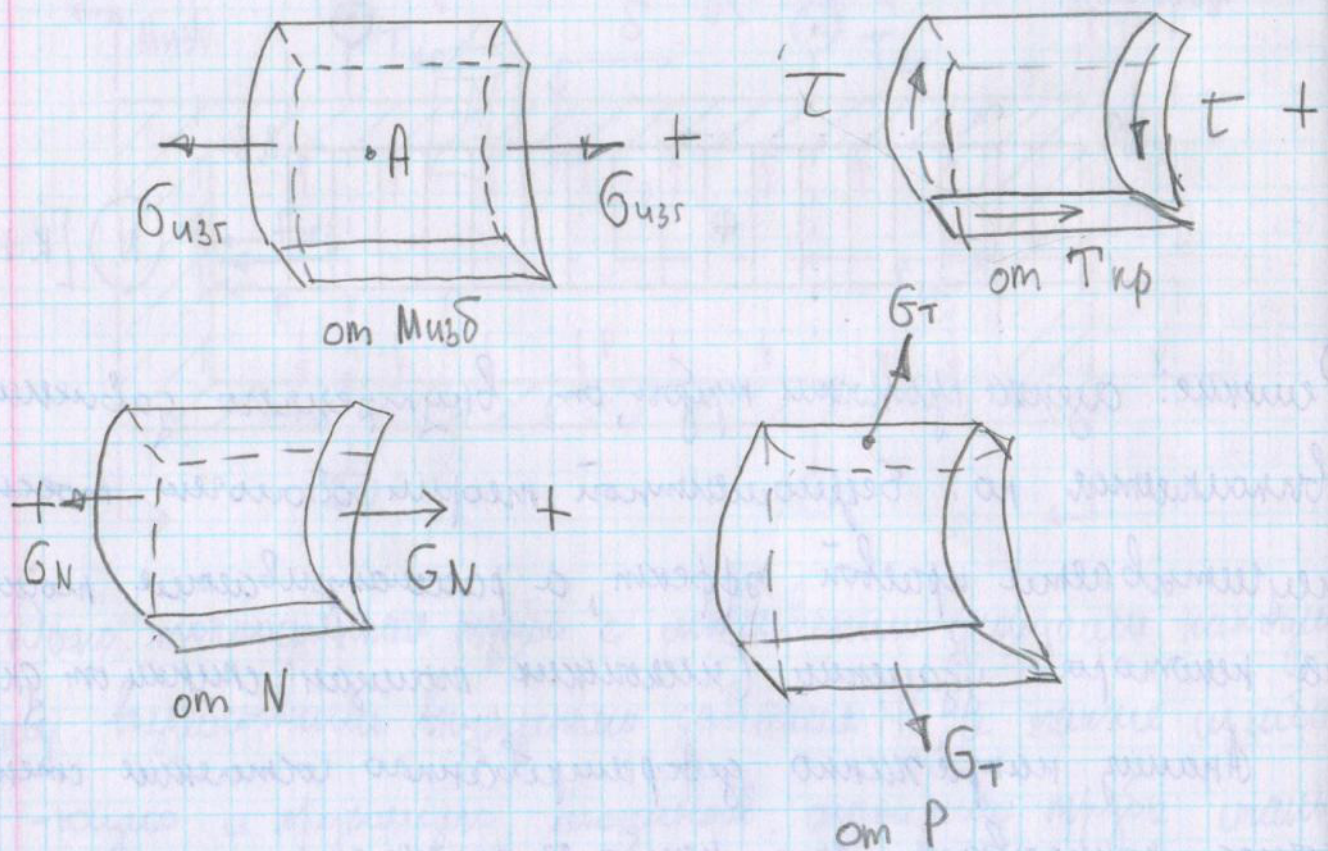
Решение: оценка прочности трубы, от внутреннего давления, выполняется по: безмоментной теории оболочки т.е. не учитывается прямой эффект, а рассматривается только на некотором удалении (несколько толщин стенки от дна)

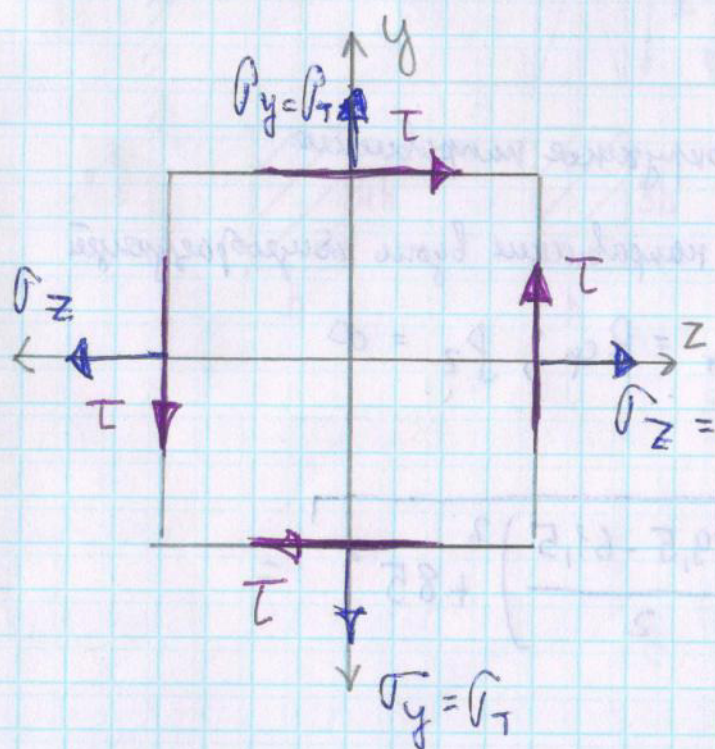
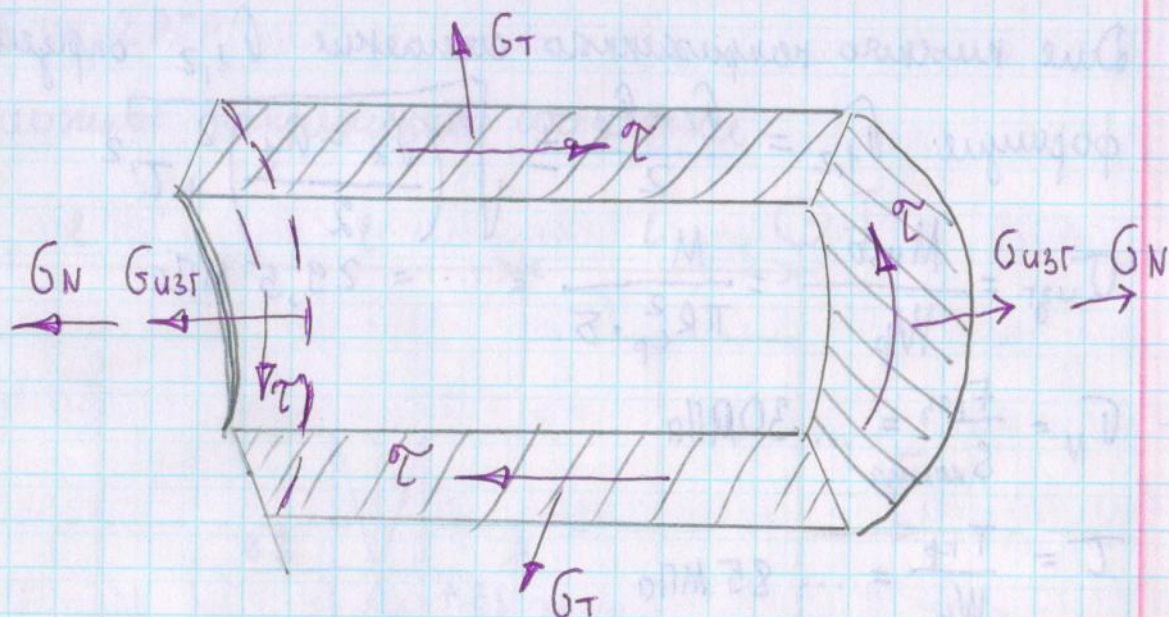
Анализ напряженно деформированного состояние стенок сосуда показывает, что наиболее опасные ~~моменты~~ сечения равнодействующие между силами приложенные крутящего момента.

чтобы тензиде менее трудно на этом участке равноотак
 следовательно опасные точки будут в верхних и/или в
 нижних нагруженных волокнах трубы. (то есть либо
 там где сжатие $\sigma_{\text{сж}}$ либо растяжение $\sigma_{\text{р}}$); учитывая
 что сталь работает на сжатие лучше чем на растяжение
 окончательно выберем сталь марки А.

Вырежем элементарный объем вокруг точки А,
 а затем "разрежем" его на плоскости

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





Имеем на микро плоское
напряженное состояние

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

$$\sigma_{т.р} \neq \sigma_{т.схс} \Rightarrow \boxed{\sigma_{гкв} = \sigma_1 - \alpha \sigma_2} \leq \frac{\sigma_{т.р}}{[n]_{т.}}$$

Для поиска эквивалентного напряжения $\sigma_{1,2}$ определим по формуле $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_z + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$

ф-ла
Hable

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

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

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

Согласно ф-ле Ламе:

$$\frac{\sigma_r}{p_r} + \frac{\sigma_z^N}{p_z} = \frac{p}{\delta}$$

"r" - окружное напряжение
"z" - напряжение вдоль образующей

$\Downarrow p_r = R_{cp}; p_z = \infty$

$$\sigma_r = \frac{p R_{кр}}{\delta} = \dots 61,5 \text{ МПа}$$

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

$$= 60,5 \pm 85,1 \text{ [МПа]}$$

$$\rightarrow \sigma_1 = 145,6 \text{ МПа}; \sigma_2 = -24,6 \text{ МПа}; \sigma_3 = 0 \text{ МПа}$$

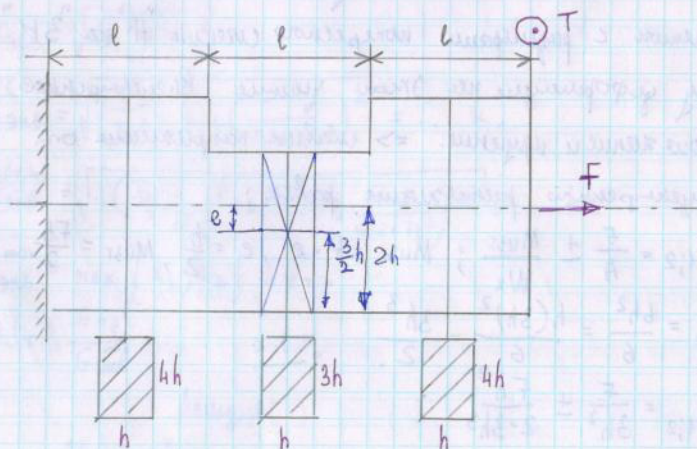
$$\sigma_{экв} = 146,5 - \frac{250}{430} (-24,6) = 160 \text{ МПа}$$

$$n_T = \frac{\sigma_{T.p}}{\sigma_{экв}} = \frac{250}{160} \approx 1,6 < 2$$

Конструктивные условия прочности не удовлетворяют.

Задача №5 из 2 РГР

Сложное напряженное состояние.



Дано: координаты центра тяжести F_x и крутящий момент T .
Материал колонн стали. Требуется определить задел

пропости.

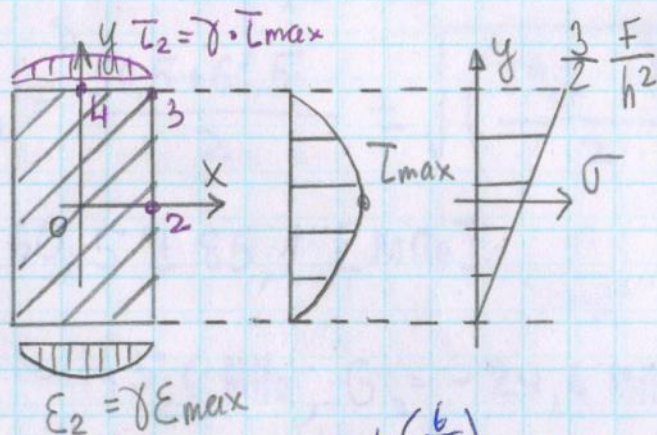
Решение: наиболее опасным участком поперечного сечения является участок с размерами поперечного сечения h и $3h$,
вну формулы не этот участок внецентренное
растяжение и сжатие. \Rightarrow главное напряжение от
внецентренно растяжение равно:

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

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

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

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



$$\tau = \frac{T}{W_k}; \quad W_k = \alpha b a^2, \quad \text{где } b > a$$

$\alpha = \text{const} \left(\frac{b}{a} \right)$

у нас: $b/h = 3 \Rightarrow$

$$\alpha = 0,267$$

$$\gamma = 0,753$$

↑ макс
↓ мин

Величина эквивалентных напряжений рассчитывается по теории прочности max касательных напряжений

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

$$\sigma_{\text{экв}}^{(r.2)} = \sqrt{\left(\frac{F}{3h^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\tau}{0,267h^3}\right)^2} = \dots k_1$$

$$\sigma_{\text{экв}}^{(r.4)} = \sqrt{\left(\frac{2}{3} \frac{F}{h^2}\right)^2 + 4\left(0,753 \frac{\tau}{0,267h^3}\right)^2} = \dots k_2$$

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

$$[n]_{\text{т}} = \frac{\sigma_{\text{т.р}}}{\sigma_{\text{экв}}^{\max}} = \dots \geq 1!$$