

**КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**  
**ЗАДАНИЕ №1**

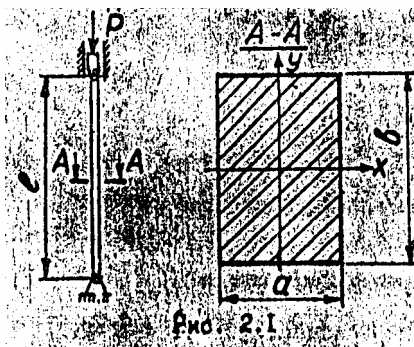
Содержание и последовательность выполнения задания №1

1. Для расчета сжатых стержней на прочность предлагаются задачи №1, 2,3 и исходные данные к ним см. таблицы 2.1, 2.2, 2.3

2. Задача №1. Рассчитать на прочность сжатый стержень

Дано:  $P$ ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{ПЦ}$ ,  $E$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $l$

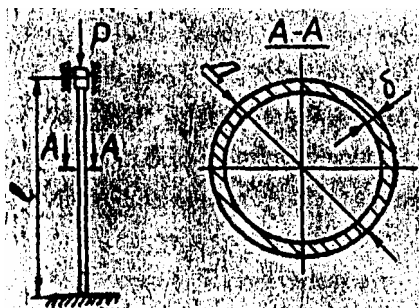
Найти:  $\sigma_{КР}$ ,  $\eta$



3. Задача №2. Рассчитать на прочность сжатый стержень.

Дано:  $P$ ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{ПЦ}$ ,  $E$ ,  $D$ ,  $\delta$ ,  $l$

Найти:  $\sigma_{КР}$ ,  $\sigma_{КР}^M$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$



4. Задача №3. Рассчитать на прочность сжатый стержень

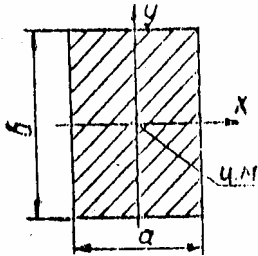
Эскиз к задаче см. рис.2.3

Дано:  $P$ ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{ПЦ}$ ,  $E$ ,  $l$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $i_x$ ,  $i_y$ ,  $F$

Найти:  $\sigma_{КР}$ ,  $\sigma_{КР}^M$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$

Методические указания к выполнению задания №1

1. При решении задачи №1 использовать нижеприведенные формулы:



моменты инерции прямоугольного сечения

$$I_x = \frac{ab^3}{12}; \quad I_y = \frac{ba^3}{12}$$

минимальный радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}$$

$$F = a * b$$

где F- площадь сечения

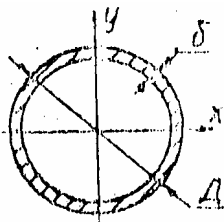
Стержень сплошного сечения местной потери устойчивости не имеет, в задаче  $\sigma_{кр}^M$  определять не следует.

2. При решении задачи №2 использовать нижеприведенные формулы:

При малых  $\delta$  ( $\frac{D}{\delta} \geq 10$ );

площадь сечения трубы  $F = \pi D_{cp} \delta$ ;

момент инерции  $I_x = I_y = \pi R_{cp}^3 \delta$ ;



$$R_{cp} = \frac{D - \delta}{2}$$

$R_{cp}$  – средний радиус

минимальный радиус инерции  $i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F}} = \frac{\sqrt{2}}{4} D_{cp} + 0,999 D_{cp}$

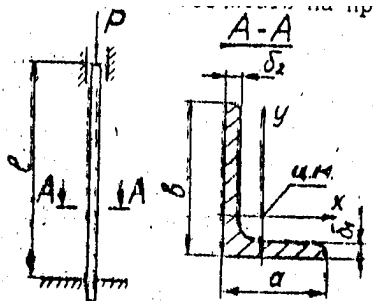
Геометрические характеристики сечений ( F, I, I ) можно определить по таблице.

Критические напряжения местной потери устойчивости для стержня трубчатого сечения

$$\sigma_{кр}^M = \frac{0,3E}{\frac{D}{\delta}}$$

где E – модуль упругости I рода.

3. Ниже приводится решение задачи №3.



Дано:

$$P = 300 \delta a H, \quad \sigma_B = 4000 \delta a H / \text{см}^2,$$

$$\sigma_{\text{нц}} = 3000 \delta a H / \text{см}^2, \quad E = 7 * 10^5 \delta a H / \text{см}^2,$$

$$l = 200 \text{ см}, \quad a = 3 \text{ см}, \quad b = 2 \text{ см},$$

$$\delta_2 = 0,2 \text{ см}, \quad \delta_1 = 0,25 \text{ см}, \quad i_x = 0,960 \text{ см},$$

$$i_y = 0,540 \text{ см}, \quad F = 1,11 \text{ см}^2$$

Найти:

$$\sigma_{\text{кр}}, \sigma_{\text{кр}}^M, \eta_1, \eta_2$$

Решение:

Определим гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{200}{0,540} = 370,4$$

где  $i_{\min}$  - минимальный радиус инерции;

$$i_{\min} = i_y = 0,540 \text{ см};$$

$l$  - длина стержня;

Определим напряжения по формуле Эйлера:

$$\sigma_0 = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} C = \frac{3,14^2 * 7 * 10^5}{370^2} * 4 = 205 \left( \delta a H / \text{см}^2 \right)$$

где  $\pi^2 \approx 10$ ;

$E$  - модуль упругости I рода;

$C$  - коэффициент, учитывающий характер заделки концов стержня;

Для глухой заделки  $C=4$ ;

Определим наиболее слабую полку профиля, то есть ту, у которой отношение длины к толщине больше:

$$\frac{a}{\delta_1} = \frac{2,0}{0,25} = 8; \quad \frac{b}{\delta_2} = \frac{3,0}{0,2} = 15$$

более слабая полка  $b$ .

Определим критические напряжения местной потери устойчивости полки  $b$ :

$$\sigma_{\text{кр}}^M = \frac{0,9E}{\left( \frac{b}{\delta_2} \right)^2} K_\sigma = \frac{0,9 * 7 * 10^5}{15^2} * 0,45 = 1260 \left( \delta a H / \text{см}^2 \right)$$

где  $\kappa_\sigma$  - коэффициент, зависящий от условий опирания краев рассматриваемой полки профиля; для полки со свободным краем принимаем  $\kappa_\sigma = 0,45$

Сравним напряжения, подсчитанные по формуле Эйлера, с пределом пропорциональности:

$$\left. \begin{array}{l} 205 < 3000 \\ \sigma_B < \sigma_{ПЦ} \end{array} \right\} \rightarrow \sigma_B = \sigma_{КР} = 205 \left( \frac{\partial a H}{\text{см}^2} \right)$$

Так как Эйлеровы напряжения меньше предела пропорциональности, они являются критическими.

Определим действующие в стержне напряжения сжатия:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{P}{F} = \frac{300}{1.111} = 270 \left( \frac{\partial a H}{\text{см}^2} \right)$$

где F – площадь поперечного сечения профиля;

Сравним действующие напряжения сжатия с критическими и сделаем вывод о прочности.

$$205 < 270$$

$$1260 > 270$$

$$\sigma_{КР} < \sigma_{СЖ}$$

$$\sigma_{КР}^M > \sigma_{СЖ}$$

Стержень потеряет общую устойчивость; местные потери устойчивости не будет.

Определим коэффициенты избытка прочности и сделаем вывод о прочности:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{КР}}{\sigma_{СЖ}} = \frac{205}{270} = 0,76$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{КР}^M}{\sigma_{СЖ}} = \frac{1260}{270} = 4,67$$

#### Выводы:

1.  $\eta_1 < 1$ ; сопротивляемость стержня общей потере устойчивости недостаточна; для повышения сопротивляемости необходимо уменьшить длину стержня.

2.  $\eta_2 > 1$ ; сопротивляемость стержня общей потере устойчивости избыточна; для уменьшения массы стержня следует уменьшить площадь его сечения (одновременно с изменением его длины и методом последовательных приближений можно обеспечить близость  $\eta_1$  и  $\eta_2$  к диапазону 1...1,2).

4. Значения коэффициента C, характеризующего способ заделки концов стержня, принимать, руководствуясь рис. 2.6

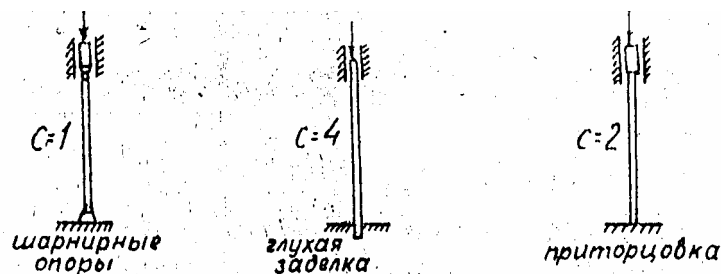


Рис.:2.6

5. Если в задачах №1...3 напряжения, подсчитанные по формуле Эйлера, окажутся больше предела пропорциональности ( $\sigma_B > \sigma_{пл}$ ), то критические напряжения общей потери устойчивости определять по эмпирической формуле :

$$\sigma_{KP} = \frac{1 + \nu}{1 + \nu + \nu^2}$$

$$\nu = \frac{\sigma_B}{\sigma_3}$$

где  $\sigma_3$  - напряжения, подсчитанные по формуле Эйлера.

6. При определении коэффициентов избытка прочности следует считать:

при  $\eta = 1...1.2$  прочность достаточной ( строго говоря, статическая прочность обеспечивается при  $\eta = 1$  ; запас до 0,2 делается для обеспечения усталостной прочности );

$\eta > 1.2$  прочность избыточна; следует указать мероприятия, снижающие массу перетяжеленной конструкции;

$\eta < 1$  прочность недостаточна; следует указать мероприятия, обеспечивающие усиление конструкции.

7. Значения критических напряжений местной потери устойчивости, подсчитанные по формулам:

$$\sigma_{KP}^M = \frac{0,9E}{\left(\frac{b}{\delta}\right)^2} K_\sigma \quad \text{для профилей}$$

$$\sigma_{KP}^M = \frac{0,3E}{\frac{D}{\delta}} \quad \text{для труб}$$

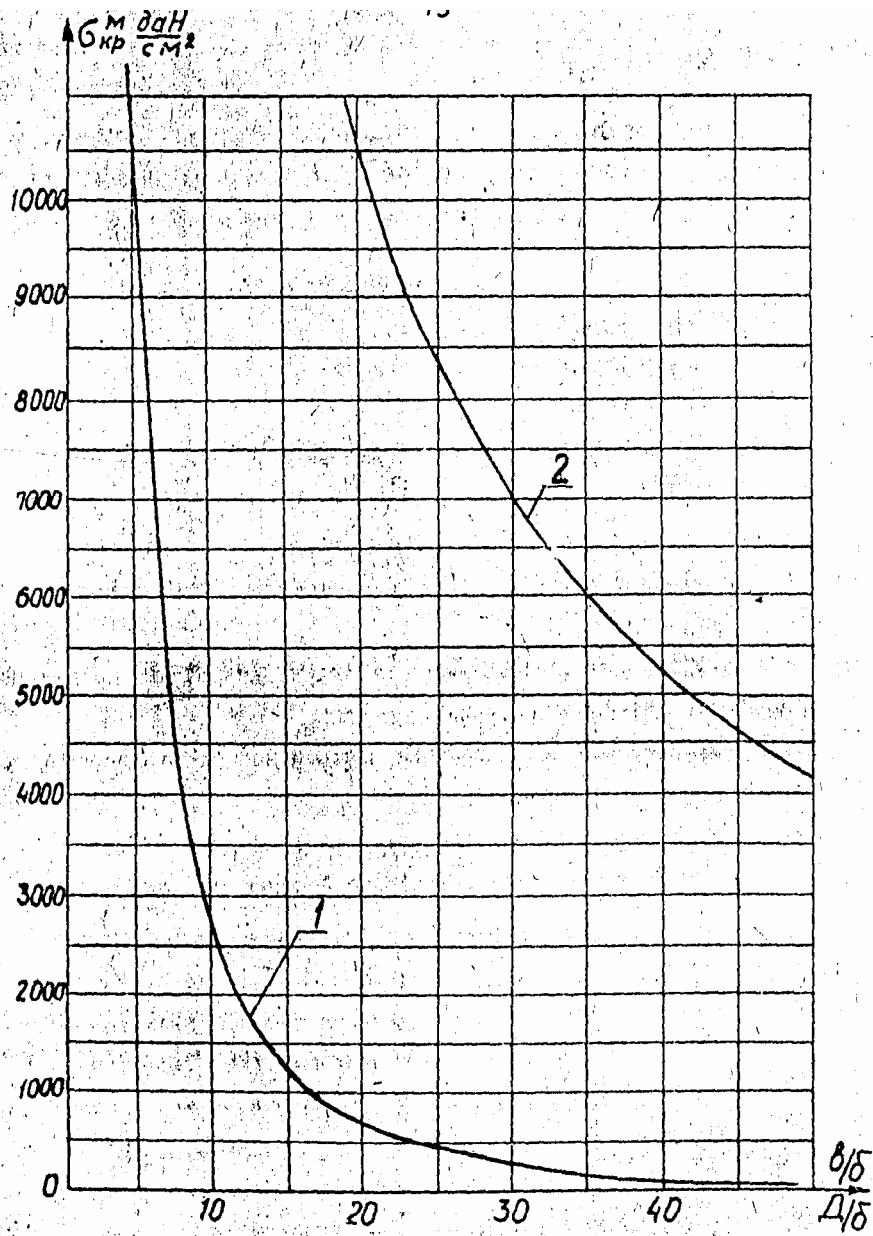


Рис. 2.7. Зависимость  $\sigma_{кр}^M = f(\delta/\lambda)$ ;  $\sigma_{кр}^M = f(\Delta/\delta)$ .  
 1 - для профилей, 2 - для труб ( $E = 7 \cdot 10^5 \frac{\text{даН}}{\text{см}^2}$ ).

**Задание 1. Расчет на прочность сжатых стержней**

**Таблица 1.1 Исходные данные к задаче №1**

№№ вар	P дан	$\sigma_B$ дан/см <sup>2</sup>	$\sigma_{пц}$ дан/см <sup>2</sup>	E дан/см <sup>2</sup>	a см	b см	l см
1	7200	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3	4	100
2	6000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	2	3	50
3	40	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4	1	200
4	100	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	0,5	12	400
5	1000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	1	3	100
6	10000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	2	4	80
7	60000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	4	6	70
8	20000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	4	0,5	60
9	30000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	5	2	80
10	5000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4	6	100
11	4000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3	4	100
12	3000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	2	3	50
13	2000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4	1	200
14	1500	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	0,5	12	400
15	5000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	3	4	90
16	6000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	5	8	60
17	12000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	8	2	100
18	14000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	3	6	150
19	160	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4	1	200
20	2000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3	4	100
21	1500	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4	1	200
22	500	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	0,5	12	400
23	550	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	2	4	40
24	5000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	3	4	60
25	6000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	5	6	75
26	7000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	7	8	50
27	8000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	10	12	30
28	9000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	14	16	90
29	10000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	9	11	100
30	11000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	5	8	60
31	12000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	6	10	80

**Таблица 1.2** Исходные данные к задаче 2 задания № №

<i>l</i> <i>вар</i>	<i>P</i> дан	$\sigma_B$ дан/см <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{пц}}$ дан/см <sup>2</sup>	<i>E</i> дан/см <sup>2</sup>	<i>D</i> см	$\delta$ см	<i>l</i> см
1	100	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	1	0,1	100
2	160	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	2	0,1	100
3	600	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	2	0,2	100
4	900	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	2,5	0,2	100
5	1200	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3,0	0,1	100
6	2500	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3,0	0,1	100
7	6000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	3,0	0,2	100
8	6000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	4,0	0,3	100
9	5000	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	5,0	0,3	100
10	400	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	6,0	0,4	100
11	800	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	8,0	0,4	100
12	100	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	4	0,4	60
13	160	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	5	0,3	60
14	600	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	6	0,4	60
15	900	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	8	0,5	60
16	1200	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	10	0,1	60
17	2500	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	12	0,5	60
18	6000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	80	0,4	60
19	6000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	10	0,05	60
20	5000	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	6	0,5	60
21	400	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	4	0,2	60
22	800	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	2	0,1	60
23	200	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	6	0,4	50
24	300	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	8	0,6	60
25	400	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	10	0,8	70
26	500	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	12	1,0	80
27	450	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	14	4,0	90
28	650	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	16	6,0	120
29	850	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	18	8,0	140
30	750	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	20	8,0	180
31	950	11000	7000	$2,1 \cdot 10^6$	10	0,2	200



**Таблица 1.3. Исходные данные задачи вязания №№**

№№ вар.	$P$ $\delta aH$	$\sigma_B$ $\delta aH/cm^2$	$\sigma_{\text{шц}}$ $\delta aH/cm^2$	$E$ $\delta aH/cm^2$	$l$ см	$a$ см	$b$ см	$\delta_1$ см	$\delta_2$ см	$i_x$ см	$i_y$ см	$F$ $см^2$
1	100	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	100	3	1,5	0,12	0,15	0,642	0,424	0,428
2	200	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2	1,5	0,15	0,2	0,638	0,41	0,600
3	200	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2	1,8	0,1	0,1	0,631	0,552	0,377
4	300	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2,5	1,5	0,1	0,15	0,811	0,383	0,517
5	300	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2,5	1,8	0,15	0,2	0,804	0,494	0,745
6	300	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2,5	1,8	0,2	0,25	0,795	0,493	0,943
7	100 0	11000	10000	$1.1 \cdot 10^6$	150	2,5	1,8	0,25	0,3	0,786	0,489	1,136
8	500	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	100	2,5	2	0,12	0,12	0,799	0,605	0,533
9	500	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	200	3,2	2,2	0,4	0,4	0,820	0,628	1,802
10	150 0	11000	8500	$2.1 \cdot 10^6$	150	3,0	1,8	0,15	0,2	0,971	0,474	0,845
11	600	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	200	3,0	1,8	0,25	0,3	0,953	0,471	1,286
12	300	4400	3000	$7 \cdot 10^5$	200	3,0	2,0	0,3	0,3	0,942	0,560	1,419
13	500	11000	10000	$1.1 \cdot 10^6$	200	3,0	2,5	0,25	0,3	0,947	0,717	1,461
14	600	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	200	4,5	2,8	0,2	0,2	1,459	0,808	1,429
15	100 0	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	200	4,0	3,0	0,3	0,4	1,275	0,820	2,401
16	100 0	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	200	3,8	2,5	0,3	0,6	1,205	0,575	2,884
17	500	11000	10000	$7 \cdot 10^5$	300	3,8	2,5	0,5	0,6	1,205	0,575	2,884
18	600	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	300	3	1,5	0,12	0,15	0,642	0,424	0,428
19	700	4000	3000	$7 \cdot 10^5$	300	2	1,5	0,15	0,2	0,638	0,41	0,600

20	800	4400	3000	$7 * 10^5$	400	2,5	1,5	0,1	0,15	0,811	0,383	0,517
21	100 0	4400	3000	$7 * 10^5$	400	3,2	2,2	0,4	0,4	0,820	0,628	1,802