

ЗАДАЧА № 6

Для одной из схем (см. табл. 5) произвести расчёт на устойчивость

Таблица 5

Номер строки	Схема
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	УП
8	УШ
9	IX
0	X
	A

Схема I. Определить допускаемую нагрузку для стойки из стали Ст.3. Принять, что швеллеры, из которых состоит стойка (рис. 6), надёжно связаны между собой, и сечение работает как монолитное.

Расстояние "C" между швеллерами выбрать на условия равноустойчивости стойки. С каким коэффициентом запаса устойчивости работает стойка при нагрузке равной допускаемой?

Исходные данные для задачи взять из табл. 6 и 7: вид закрепления стойки, номер швеллера, длину стойки l , допускаемое напряжение на сжатие.

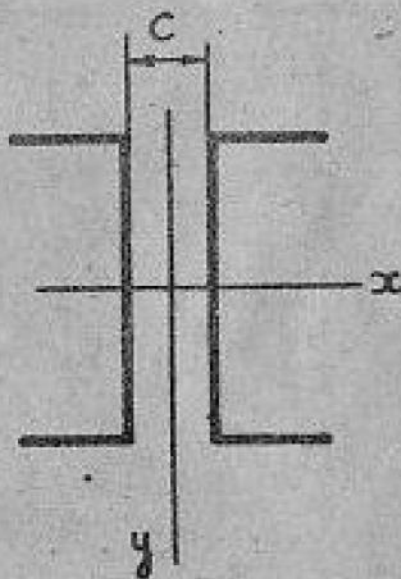
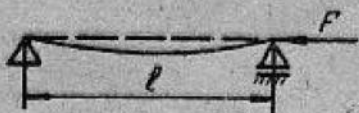
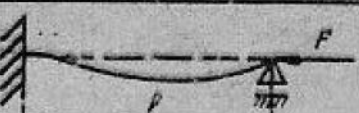


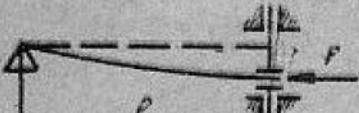


Рис. 6

Таблица 6

Номер стойки	Вид закрепления стойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F_1	F_2	$[n_y]$	$[B]_c$ МПа
						кН			
1		5	10	32·32·4	32·24·4	150	200	1,8	135
2		6,5	12	36·36·4	40·25·4	200	250	2,0	140
3		8	14	40·40·5	45·28·4	250	300	2,2	145
4		10	16	50·50·5	50·32·4	300	350	2,4	150
5		12	18	63·63·6	56·38·5	350	400	2,6	155
	В	В	Г	А	Б	А	Б	В	Г

Продолжение таблицы 6


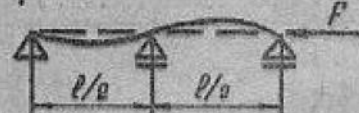
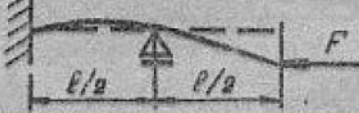
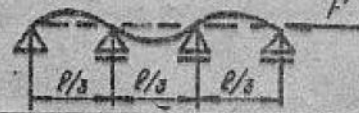
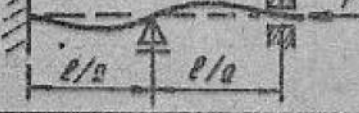
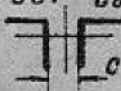

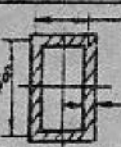
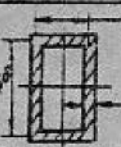
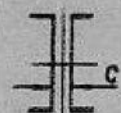
Номер строки	Вид стойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F_1	F_2	$[n_y]$	$[B]_c$, МПа
						кН			
6		14	18а	25×25×4	63×40×4	400	450	2,8	160
7		16	20	45×45×5	63×40×8	450	450	3,0	165
8		18	20а	56×56×6	70×45×5	500	550	3,2	170
9		20	22	70×70×7	75×50×8	550	600	3,4	175
10		22	24	75×75×7	80×50×6	600	650	3,6	180
	Б	В	Г	А	Б	А	Б	В	Г

Таблица 7

Номер стойки	Сечение	m	n	ℓ	c	d	δ	K_1	K_2	Угол град	1	2
		м			мм						Материал стержней	
1	Равнобокие уголки ГОСТ 8509-72 	2,0	1,5	3,0	10	20	20	0,10	2,0	20	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
2		2,5	1,75	3,5	12	25	25	0,12	2,2	25	Сталь Ст.3	Дюраль
3	Двутавр ГОСТ 8239-72 	3,0	2,0	4,0	14	30	30	0,14	2,4	30	Сталь Ст.3	Медь
4		3,5	2,25	4,5	16	35	35	0,16	2,6	35	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
5	Швеллер ГОСТ 8240-72 	4,0	2,5	5,0	18	40	40	0,18	2,6	40	Дюраль	Сталь Ст.3
	A	Б	В	Г	А	Б	Г	Б	В	Г	Б	В

Продолжение таблицы 7

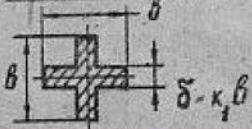
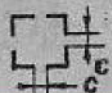


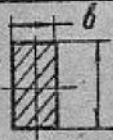
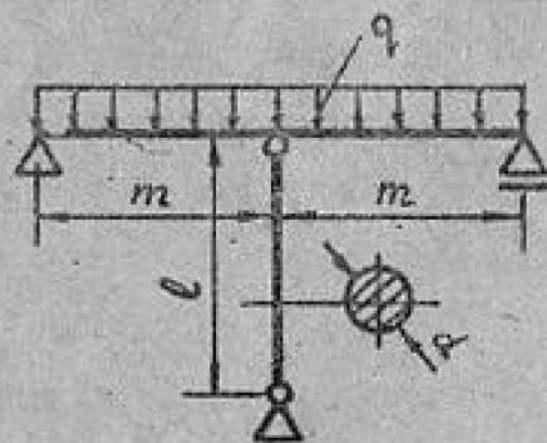
Номер строки	Сечение	m	n	ℓ_0	c	d	δ	K_1	K_2	Угол град	1	2
		м			мм						Материал стержней	
6	 $\delta = K_1 \delta$	4,5	2,75	5,5	20	45	45	0,20	1	45	медь	сталь ст.3
7	Равнобокий уголок ГОСТ 8509-72 	5,0	3,00	6,0	2,2	50	50	0,22	1,2	50	медь	дюраль
8	 $\delta = K_1 d$	5,5	3,25	6,5	24	55	55	0,24	1,4	50	дюраль	медь
9	Неравнобокий уголок ГОСТ 8210-72 	6,0	3,50	7,0	26	60	60	0,26	1,6	60	медь	медь
10	 $h = K_2 \delta$	6,5	3,75	7,5	28	65	65	0,28	1,8	65	дюраль	дюраль
	A	Б	В	Г	А	Б	Г	Б	В	Г	Б	В

Схема УП. Определить допускаемое значение нагрузки $[q]$ из условия устойчивости стойки (рис. 12), если $[n_y] = 2$. При определении



усилия в стойке ее сжатием пренебречь.

Материал балки и стойки — сталь Ст.3. Проверить прочность балки при найденном значении $[q]$, если $[\sigma] = 160$ МПа.

Во сколько раз увели-

Рис. 12

чится значение $[q]$, если нижний конец стойки закрепить жестко?

Будет ли при новом значении $[q]$ обеспечена прочность балки?

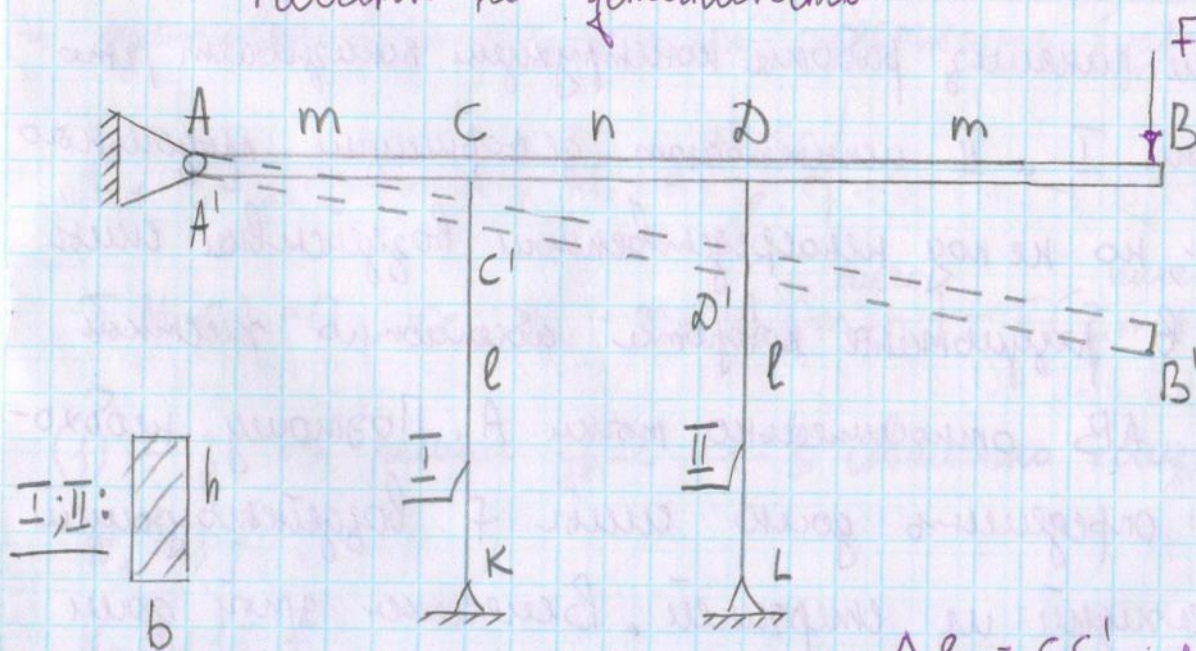
Номер двутавра взять из табл. 6; l , m и d — из табл. 7.

13.05.16

РГР №3
заг. 6

Вешняк.

Расчет на устойчивость



$$\Delta l_1 = CC' ; \Delta l_2 = DD'$$

Дано: $m = 2$ [м]; $n = 1$ [м]; $l = 3$ [м]; $b \times h = 0,06 \times 0,1$ [м \times м]
 $[G]_{\text{ст}} = 135$ [МПа]; $E = 2 \cdot 10^5$ [МПа]

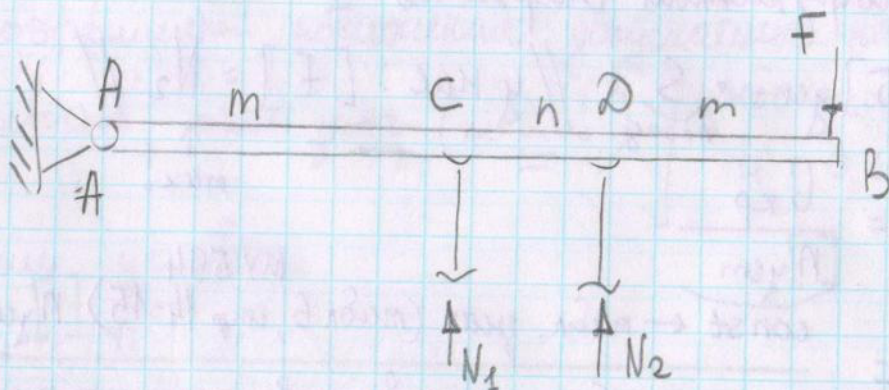
Абсолютно жесткая недеформированная балка АВ опирается на стержни I и II изготовленные из одинакового материала и имеющие одинаковые поперечные размеры.

Требуется определить: критическое напряжение, допускаемое напряжение для устойчивости, допускаемое значение нагрузки и проверить работу конструкции на устойчивость.

$\sigma_{кр}$; $[G]_{уст}$; $[F]$ - ?

Решение: анализ работы конструкции показывает, что стержни I и II испытывают деформации продольного изгиба, но не под непосредственным воздействием силы F , а в результате поворота абсолютно жесткой балки АВ относительно точки А. Поэтому необходимо определить доию силы F воздействующий на каждую из стержней. Внесем этой дою

зависит от деформации самих стержней и определяется возникающие при этом в них внутренние усилия N_1 и N_2



$$\Delta ACC' \sim \Delta ADD' \Rightarrow \frac{CC'}{AC} = \frac{DD'}{AD}; \quad \frac{\Delta l_1}{m} = \frac{\Delta l_2}{m+n} : (1)_{\text{геом. ур-е}}$$

Закон Гука: сила равн. в на элемент

$$N_1 = C \Delta l_1, \quad N_2 = C \Delta l_2 : (2) \text{ физик ур-е.}$$

Поскольку стержни I и II изготовлены из одного материала и одинаковые размеры, то их жесткость будет одинакова

$$C_1 = C_2 = C \text{ const}; \quad C_i = \frac{E_i S_i}{l_i}$$

$$\sum M_{\tau.A} = 0 \Rightarrow N_1 \cdot m + N_2 \overset{\text{вызо}}{(m+n)} - F \overset{\text{вызо}}{(2m+n)} : (3) \text{ стат. ур}$$

(1) \div 3 \Rightarrow решаем ур-е 1-3 совместно получим

$$N_1 \approx 0,77 F$$

$$N_2 \approx 1,15 F$$

Выберем расчетную схему на устойчивость и

$N_2 = 1,15$ наиболее нагруженный элемент конструкции.

• Наиболее нагруженный стержень II

$$[F] = [G]_{\text{уст}} \cdot \underbrace{S}_{\text{плошь}} \quad // \text{ у нас: } [F] = N_2 \quad //$$

$$[G]_{\text{уст}} = \frac{G_{\text{кр}}}{[n]_{\text{уст}}}$$

const \leftarrow табл. знаг (табл 6, стр 14-15) $[n]_{\text{уст}} = 1,8$

$$G_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

ф-ла Эйлера.

$a, b, c = \text{const} \leftarrow$ табл. знаг.

Если условия выполняются

$$\lambda = 100 \div 200 \quad \rightarrow \quad G_{\text{кр}} = a\lambda^2 - b\lambda + c;$$

либо
или

$$\lambda = \frac{\mu e}{i_{\min}}; \quad i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{S}}; \quad S = b \cdot h;$$

$$// \quad J_x = \frac{bh^3}{12}; \quad J_y = \frac{hb^3}{12} // \quad J_{\min} = \frac{hb^3}{12}$$

Опр радиуса инерции

$$i_{\min} = 0,017 \text{ [м]} \Rightarrow \lambda = 173,4 \Rightarrow G_{\text{кр}} = 0,65 \cdot 10^8 \text{ [Па]}$$

\leftarrow табл. знаг
 \leftarrow ф-ла Эйлера

$$\Rightarrow [G]_{\text{уст}} = 0,37 \cdot 10^8 \text{ [Па]} \Rightarrow [F] \approx 1,9 \cdot 10^5 \text{ [Н]}$$

Для проверки работы конструкции на устойчивость

берем несколько меньшую нагрузку чем допускаемое

значение силы и проверяем условие прочности

усл. прочности: $\sigma_{\text{факт}} = \frac{N_2}{S} \leq [\sigma]_{\text{уст}}$, где $[\sigma]_{\text{уст}} = \varphi [\sigma]_{\text{уст}}$

φ — коэффициент понижения допускаемых напряжений на устойчивость; табл. знач (по λ !)] φ нас конструишь:
 $\varphi = 0,26$

Проверим условие

$$N_2 = 1,15,$$

$$1,15 \cdot 1,8 \cdot 10^5$$

$$0,006 \text{ м}^2$$

$$\leq 0,26 \cdot 135 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

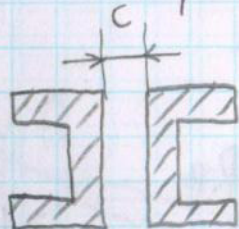
$$0,345 \cdot 10^8 \leq 0,351 \cdot 10^8 \Rightarrow$$

Следовательно конструкция

при вычисленной допускаемой нагрузке удовлетворяет

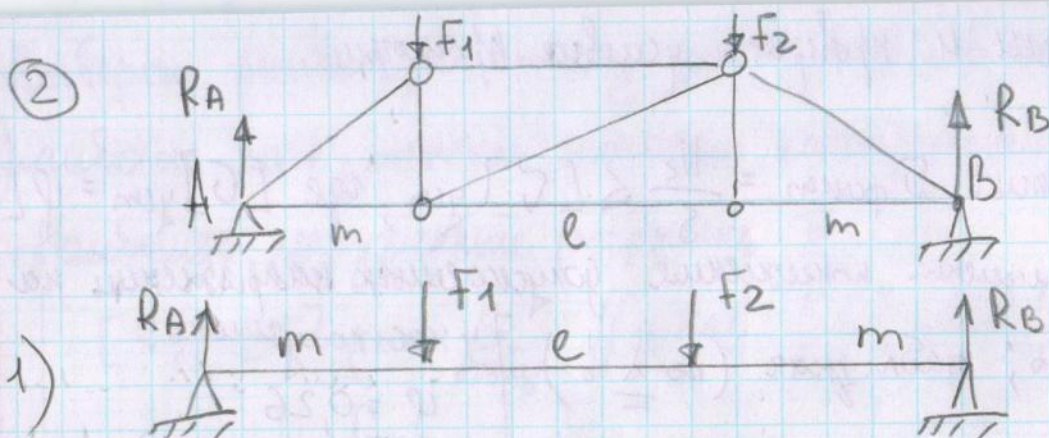
Пояснение к определению нагрузки не продольно сжатые стержни для разнородных схем.

①



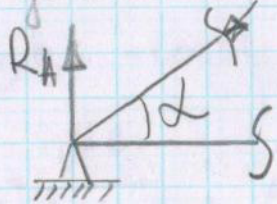
— проше.

②



Находим R_A и R_B =<

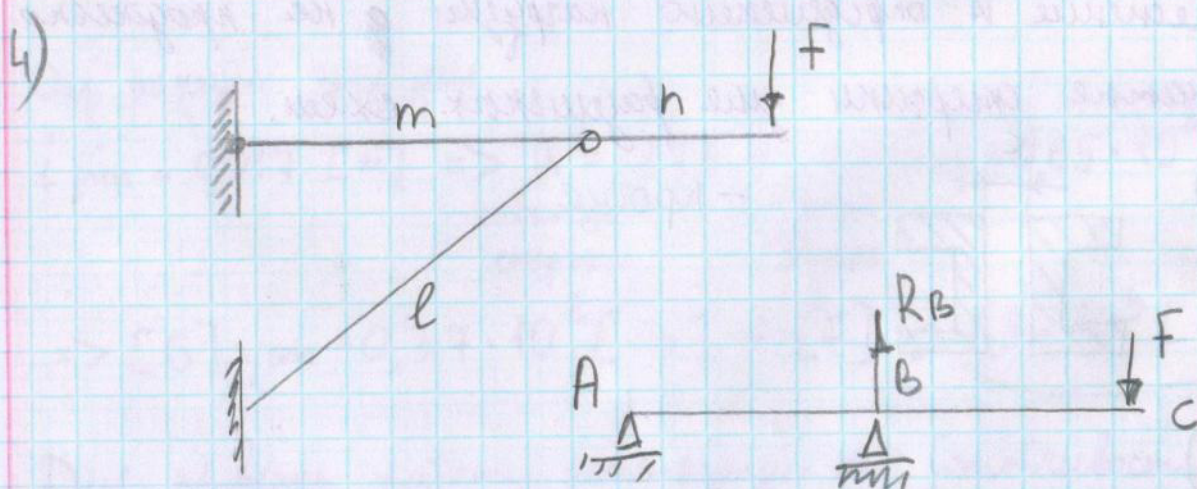
2) Попробуем вырезать узел опираемый на стержень и найти N стержня.



$$\sum F_i / y = R_A - N \cdot \sin \alpha = 0$$

$$N = \frac{R_A}{\sin \alpha}$$

3) То же самое, не рассматриваем.



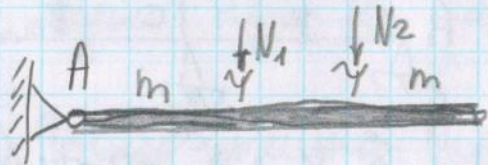
свободного деформирования

$$\lambda t_i = \alpha l_i \Delta t_i^0$$

$$\Delta l_1 = \lambda t_1 - \delta_1; \delta_1 = \lambda t_1 - \Delta l_1 \quad \left. \vphantom{\Delta l_1} \right\} \text{геометр. (1)}$$

$$\Delta l_2 = \lambda t_2 - \delta_2; \delta_2 = \lambda t_2 - \Delta l_2$$

$$\Delta ACE'' \sim \Delta A\Phi D' \Rightarrow \frac{\delta_1}{m} = \frac{\delta_2}{m+h} \quad \left. \vphantom{\Delta ACE''} \right\} \text{физик. (2)}$$



$$N_1 \cdot m + N_2 (m+h) = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_{T.A} = 0$$

см. ур