ЗАДАЧА № 6

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

Таблица 5

Номер строки	Схема
I	I
2	II
3	III
4	IУ
5	У
6	УI
7	УII
8	УIII
9	IX
0	X
	А

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

Расстояние " C " между швеллерами выбрать из 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.

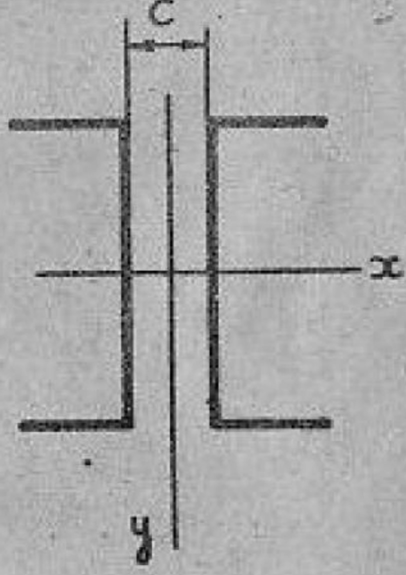
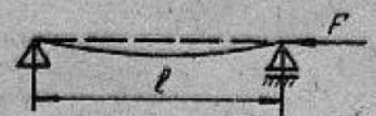
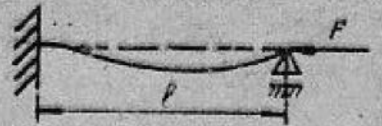
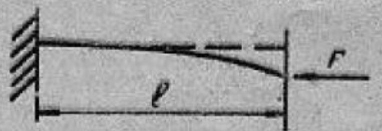
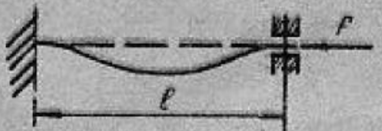


Рис. 6

Таблица 6

Номер стойки	Вид закрепления стойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F_1, кН	F_2, кН	$[n_y]$	$[\sigma]_c$ МПа
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	56×36×5	350	400	2,6	155
	В	В	Г	А	Б	А	Б	В	Г

Продолжение таблицы 6

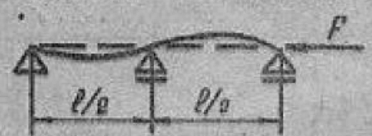
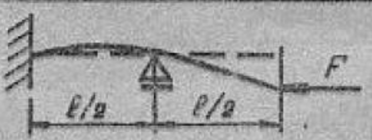
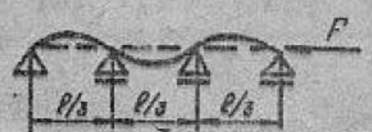
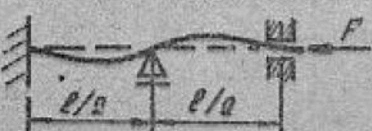
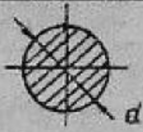
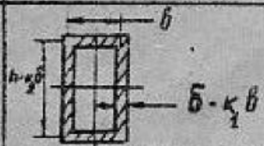
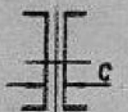
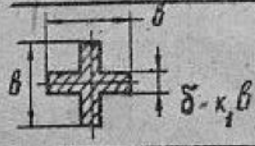
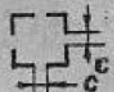
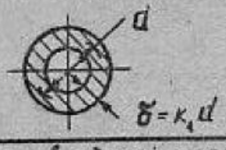
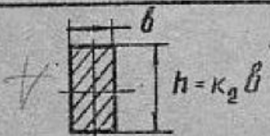
Номер строки	Вид стойки	Швеллер №	Двутавр №	Равнобокий уголок	Неравнобокий уголок	F_1, кН	F_2, кН	$[n_y]$	$[\sigma]_c$, МПа
6		14	18а	25×25×4	63×40×4	400	450	2,8	160
7		16	20	45×45×5	63×40×8	450	450	3,0	165
8		18	20а	56×56×5	70×45×5	500	550	3,2	170
9		20	22	70×70×7	75×50×8	550	600	3,4	175
0		22	24	75×75×7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

Таблица 7

Номер стойки	Сечение	m	n	ℓ	c	d	$в$	K_1	K_2	Угол град	1	2
		м			мм						Материал стержней	
1	Равнодокие уголки ГОСТ 8509-72  с	2,0	1,5	5,0	10	20	20	0,10	2,0	20	Сталь Ст.3	Сталь Ст.3
2	 d	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 5	Медь
4	 б, $h=k_2 в$, $\delta = k_1 в$	3,5	2,25	4,5	16	35	35	0,16	2,6	35	Сталь Ст 5	Сталь Ст.5
5	Швеллер ГОСТ 8240-72  с	4,0	2,5	5,0	18	40	40	0,18	2,8	40	Дюраль	Сталь Ст.5
	А	Б	В	Г	А	Б	Г	Б	В	Г	Б	В

Продолжение таблицы 7

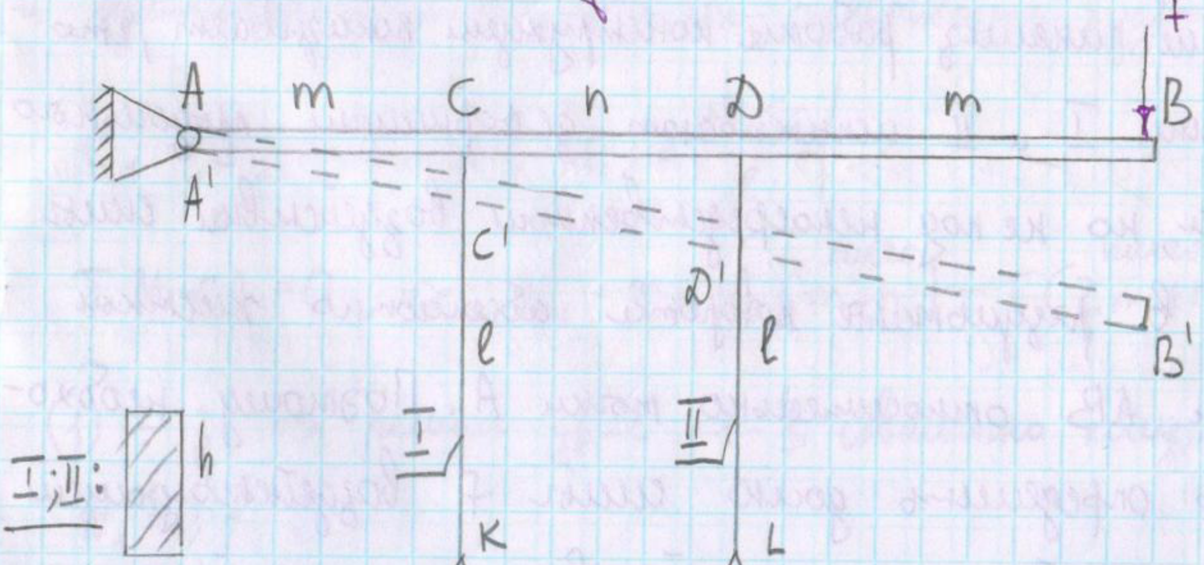
Номер строки	Сечение	m	n	ℓ_0	c	d	$в$	K_1	K_2	Угол град.	1	2
		м			мм						Материал стержней	
6	 б, в, $\delta = k_1 в$	4,5	2,75	5,5	20	45	45	0,20	1	45	медь	сталь ст3
7	Равнодокий уголок ГОСТ 8509-72  с	5,0	3,00	6,0	2,2	50	50	0,22	1,2	50	медь	дюраль
8	 d, $\delta = k_1 d$	5,5	3,25	6,5	24	55	55	0,24	1,4	50	дюраль	медь
9	Неравнодокий уголок ГОСТ 8210-72  с	6,0	3,50	7,0	26	60	60	0,26	1,6	60	медь	медь
0	 б, $h = k_2 в$	6,5	3,75	7,5	28	65	65	0,28	1,8	65	дюраль	дюраль
	А	Б	В	Г	А	Б	Г	Б	В	Г	Б	В

13.05.16

РГР №3
зад. 6

Семинар.

Расчеты на устойчивость



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

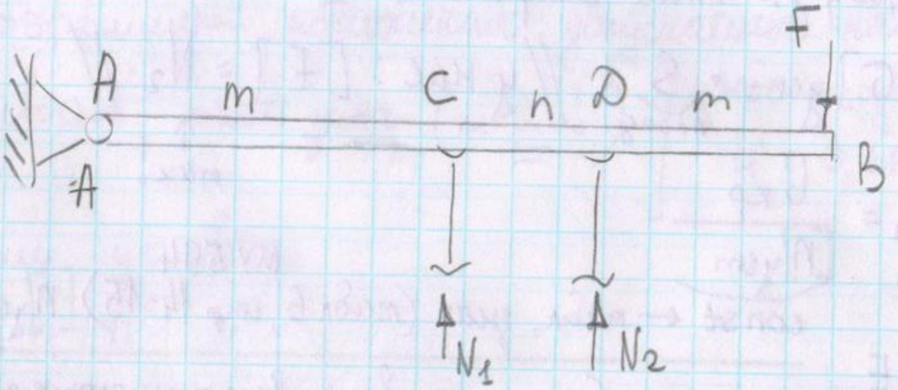
Дано: $m=2$ [м]; $n=1$ [м]; $l=3$ [м]; $b\times h=0{,}06\times0{,}1$ [м×м]
$[\sigma]_{сж}=135$ [МПа]; $E=2\cdot10^5$ [МПа]

Абсолютно жесткая недеформированная балка AD опирается на стержни I и II изготовленные из одинакового материала и имеющие одинаковые геометрические размеры

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

$\sigma_{кр}$; $[\sigma]_{уст}$; $[F]$ – ?

Решение: анализ работы конструкции показывает, что стержни I и II испытывают деформации продольного изгиба, но не под непосредственном воздействии силы F, а в результате поворота абсолютно жесткой балки AB относительно точки A. Поэтому необходимо определить долю силы F воздействующей на каждый из стержней. Величина этой доли зависит от деформации самих стержней и определения возникающие при этом в них внутренними усилиями n_1 и n_2



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

Закон Гука; сила равн. l на эпселонт

$N_1 = C_\Delta l_1$, $N_2 = C_\Delta l_2$: (2) физич ур-е.

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

$C_1 = C_2 = C$ const; $\left| C_i = \dfrac{E_i S_i}{l_i} \right|$

ΣM т. $A = 0 \Rightarrow N_1 \cdot m + N_2 (\overset{\text{плечо}}{m+n}) - F(\overset{\text{плечо}}{2m+n})$:(3) стат. ур

(1) ÷ 3 => решая ур-е 1-3 совместно получим

$N_1 \approx 0{,}77\ F$

$N_2 \approx 1{,}15\ F$

Выберем расчетную схему на устойчивость и наиболее нагруженный элемент конструкции.

$N_2 = 1{,}15F$

• Наиболее нагруженный стержень II

"ЭТАЛОН"

$$[F] = [\sigma]_{уст} \cdot \underset{площ}{S} \quad // \text{ у нас: } [F] = \underset{\uparrow \, max!}{N_2} \; //$$

$$[\sigma]_{уст} = \frac{\sigma_{кр}}{[n]_{уст}}$$

МУ 594

$[n]_{уст}$ — const ← табл. знач (табл 6, стр 14-15) $[n]_{уст} = 1{,}8$

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

ф-ла Эйлера.

Если условия выполняются $\boxed{\lambda = 100 \div 200}$ $\not\Rightarrow$ $\sigma_{кр} = a\lambda^2 - b\lambda + c$;

либо / или

$\mu = 1$

a, b, c — const ← табл. знач.

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

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

Опр радиуса инерции

$i_{min} = 0{,}017$ [м] $\Rightarrow \underset{\text{гибкость стержня}}{\lambda = 173{,}4} \Rightarrow \underset{\text{ф-ла Эйлера}}{\sigma_{кр} = 0{,}65 \cdot 10^8 \text{ [Па]}} \Rightarrow$

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

Для проверки работы конструкции на устойчивость берем несколько меньшую нагрузку чем допускаемое значение силы и проверяем условие прочности

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

φ – коэффициент понижения допускаемых напряжений на устойчивость; табл. знач (по $\underline{\underline{\lambda}}$!)] у нас получилось: $\varphi = 0{,}26$

Проверим условие

$N_2 = 1{,}15$,

$$\frac{1{,}15 \cdot 1{,}8 \cdot 10^5}{0{,}006 \text{ м}^2} \le 0{,}26 \cdot 135 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$0{,}345 \cdot 10^8 \le 0{,}351 \cdot 10^8 \Rightarrow$$

Следовательно конструкция при вычисленной допускаемой нагрузке удовлетворяет

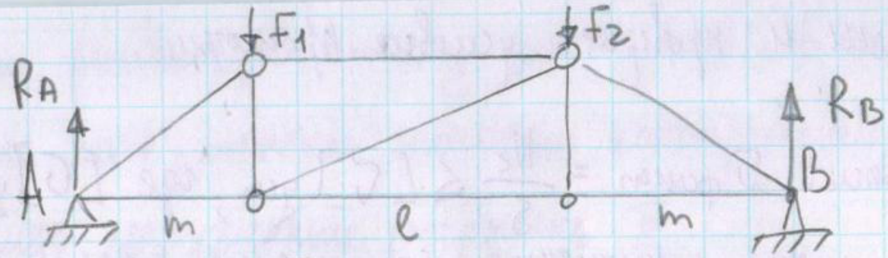
Пояснение к определению нагрузки на продольно сжатые стержни для различных схем.

① 

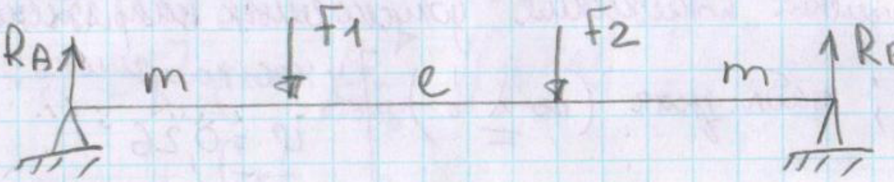
– проще.

②

2

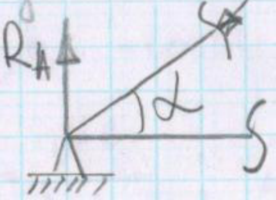


1)



Находим R_A и R_B =<

2) Последовательно вырезаем узлы определяем внутреннее усилие в N стержнях.



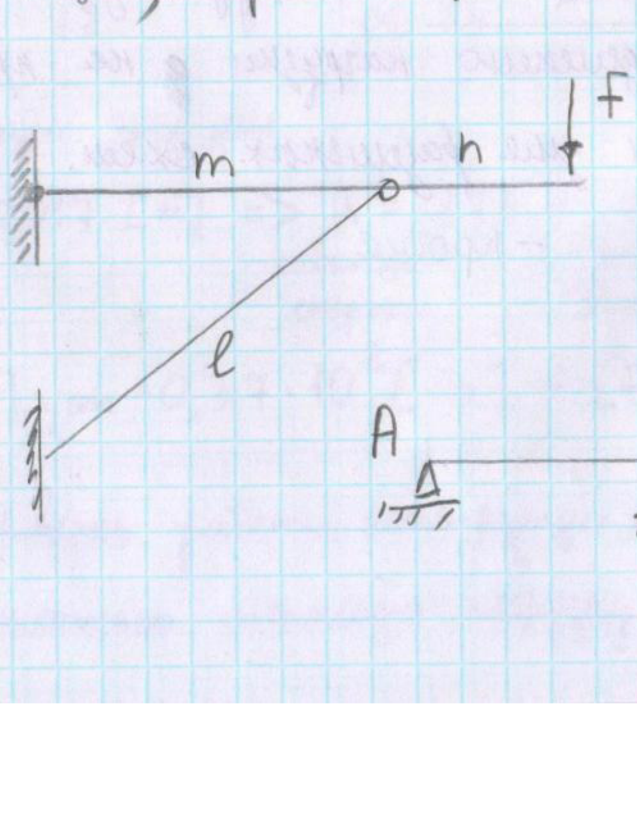
$$\sum_0 F_i\big|_y = R_A - N\cdot\sin\alpha = 0$$

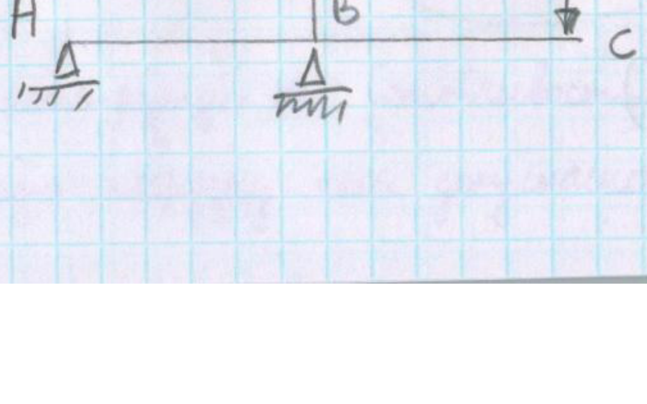
$$\Downarrow$$

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

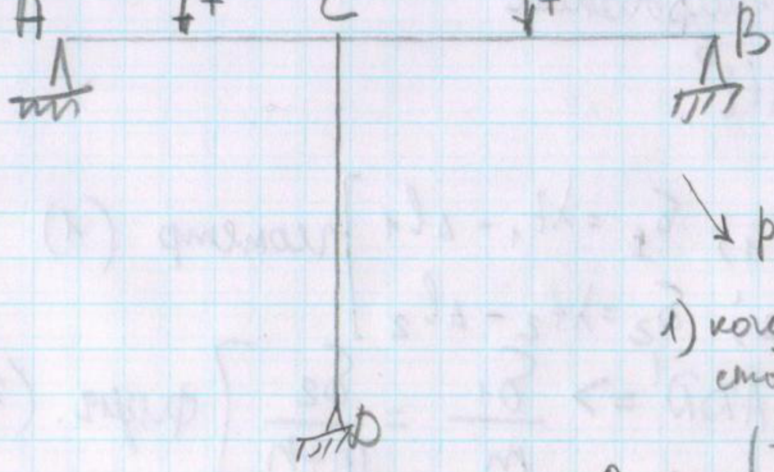
3) Похожи, не рассматриваем.

4)



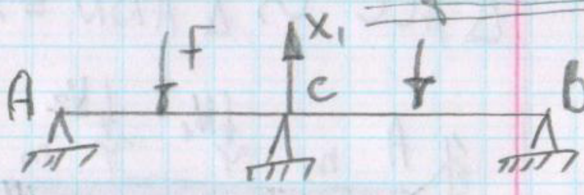


5)



рассмотрим 2 случ.:

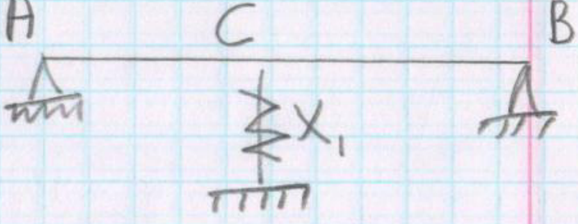
1) когда деформация стойки CD не учитывается



одн. ур-е — $\delta_{11} X_1 + \Delta_{1F} = 0$ — решаем каноническое ур-е, наход. $X_1 = \alpha F$

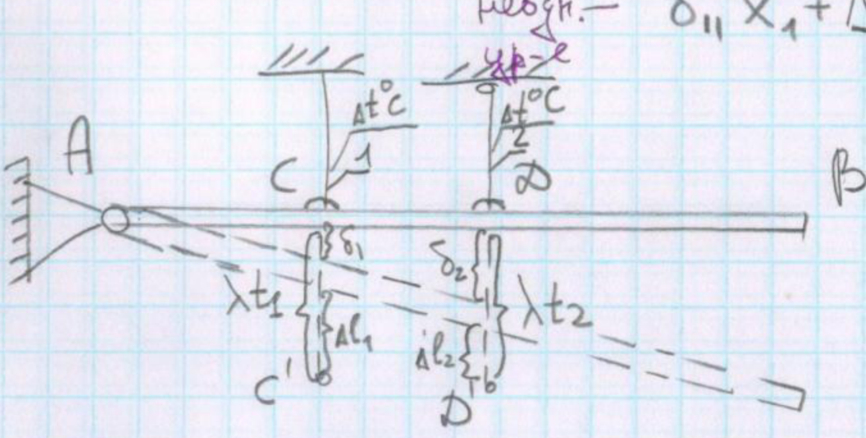
решаем неоднородное каноническое ур-е $X_1 = \beta F$

2) когда деформация стойки CD учитывается.



неодн. ур-е — $\delta_{11} X_1 + \Delta_{1F} = \frac{X_1}{c}$

6)

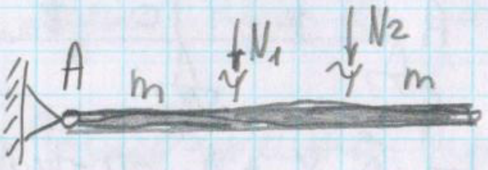


λt_i - удлинение стержней от нагрева при возможности свободного деформирования

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

$$\left.\begin{array}{l}\Delta l_1 = \lambda t_1 - \delta_1; \quad \delta_1 = \lambda t_1 - \Delta l_1 \\ \Delta l_2 = \lambda t_2 - \delta_2; \quad \delta_2 = \lambda t_2 - \Delta l_2\end{array}\right]$$ геометр (1)

$$\Delta ACC'' \sim \Delta ADD' \Rightarrow \frac{\delta_1}{m} = \frac{\delta_2}{m+n} \Bigg]$$ физич. (2)



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

ст. ур

$\sum M_{т.A} = 0$