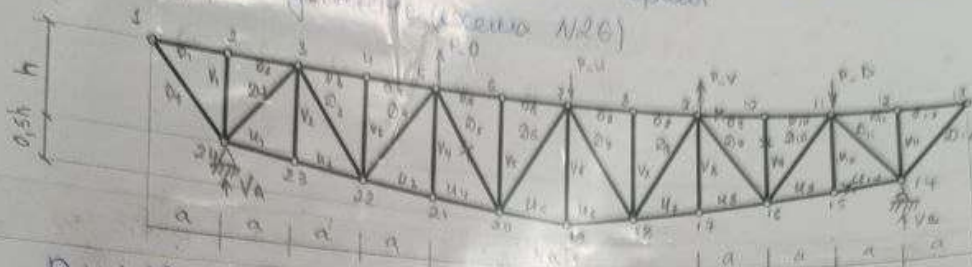


① Условием равновесия (схема №26)



$P_U \uparrow 27 \text{ кН}$, $P_V \uparrow 25 \text{ кН}$, $P_D \downarrow 22 \text{ кН}$; $0 - 9$, $U - 11$, $V - 8$, $D - 5$,
 Поле - 0, $a = 3,8$ (1,4 м в сечении), $h = 3,2$ (1,4 м в сечении)

② Вычислим опорные реакции V_A и V_B

$$\sum M_A = 0; -P_D \cdot 3a + P_U \cdot 5a - P_V \cdot 7a + P_D \cdot 9a - V_B \cdot 10a = 0$$

$$V_B = \frac{-P_D \cdot 3a + P_U \cdot 5a - P_V \cdot 7a + P_D \cdot 9a}{10a} = \frac{-22 \cdot 3 \cdot 3,8 + 27 \cdot 5 \cdot 3,8 - 25 \cdot 7 \cdot 3,8 + 22 \cdot 9 \cdot 3,8}{10 \cdot 3,8}$$

$$= \frac{120 \cdot 3 \cdot 3,8}{10 \cdot 3,8} = 97,4 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0; -P_D \cdot a + P_V \cdot 3a - P_U \cdot 5a + P_D \cdot 7a + V_A \cdot 10a = 0$$

$$V_A = \frac{P_D - P_V \cdot 3 + P_U \cdot 5 - P_D \cdot 7}{10} = \frac{22 - 25 \cdot 3 + 27 \cdot 5 - 22 \cdot 7}{10}$$

$$= 2,6 \text{ кН}$$

Проверка:

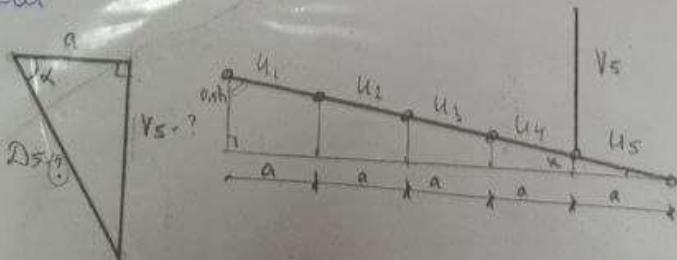
$$\sum F_y = 0;$$

$$-V_A - P_D + P_U - P_V + P_D - V_B = 0;$$

$$-2,6 - 22 + 27 - 25 + 120 - 97,4 = 0 \leq [1\%]$$

Проверка выполняется.

③ Определим длину искомого стержня D_5 и угол при нём



$$1) V_5 = 1,5h - x$$

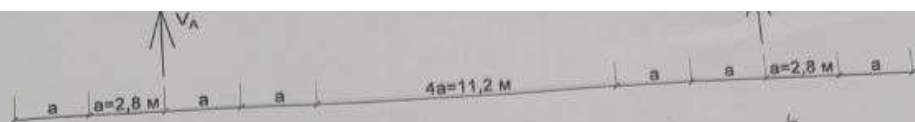
2) Из подобия треугольников следует, что $\frac{a}{5a} = \frac{x}{0,5h} \Rightarrow$

$$\Rightarrow x = 0,1h = 0,32 \text{ м}$$

$$V_5 = 1,5h - 0,1h = 1,4h = 1,4 \cdot 3,2 = 4,48 \text{ м}$$

$$3) D_5 = \sqrt{V_5^2 + a^2} = \sqrt{4,48^2 + 3,8^2} = 5,8746 \text{ м}$$

(1 лист)



Метод вырезания узлов

$$4) \sin \alpha = \frac{V_5}{D_5} = \frac{4,48}{5,8746} = 0,7626$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{D_5} = \frac{3,8}{5,8746} = 0,6468$$

④ Определим длину искомого стержня U_{10} и угол при нем



1) из подобия треугольников следует, что $\frac{a}{5a} = \frac{x}{0,5h} \Rightarrow$

$$\Rightarrow x = 0,1h = 0,32 \text{ м}$$

$$2) U_{10} = \sqrt{x^2 + a^2} = \sqrt{0,32^2 + 3,8^2} = 3,8135 \text{ м}$$

$$3) \sin \beta = \frac{x}{U_{10}} = \frac{0,32}{3,8135} = 0,0839$$

$$\cos \beta = \frac{a}{U_{10}} = \frac{3,8}{3,8135} = 0,9964$$

⑤ Метод вырезания узлов

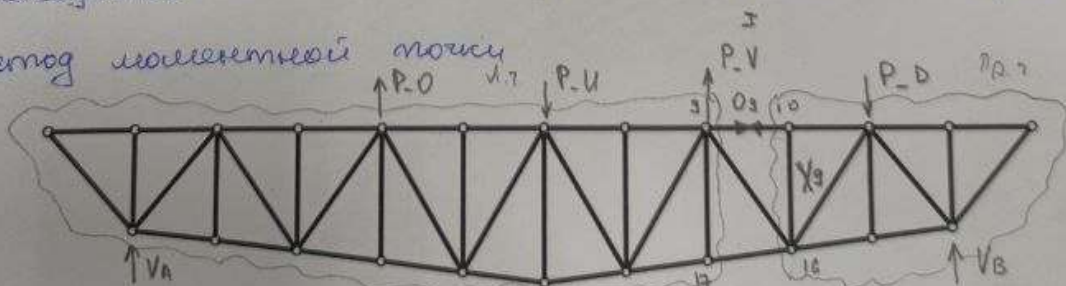
Рассмотрим узлы 8, 10, 5. Для узла 8, из стержней, 2 из которых находится на одной прямой, мы, возможно, найдем усилие только для стержней, которые совпадают с другими. Следовательно, методом вырезания узлов можно найти только усилие в стержне V_9 , вырезав узел 10.



Искомые усилия найдены. Составим уравнение суммы всех сил на ось, перпендикулярную искомым стержням 08 и 010 \Rightarrow ось, совпадающую с V_9
 $\sum R_y = 0; V_9 = 0$

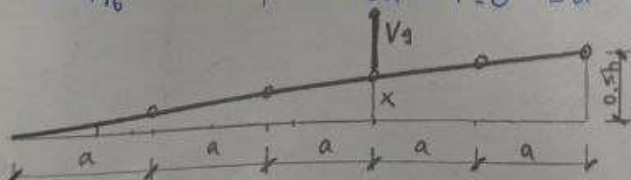
⑥ Методом сквозных сечений и проекций усилие в стержнях не находится

⑦ Метод моментной точки



1) Найдём усилие в стержне 09

$$\sum M_{16}^I = 0; V_A \cdot 8a + P_0 \cdot 5a - P_1 \cdot 3a + P_2 \cdot a + 0_9 \cdot X_9 = 0$$



Найдём X_9 :

из подобия треугольников $\Rightarrow \frac{x}{3a} = \frac{0,5h}{5a}$

$$\Rightarrow x = \frac{3a \cdot 0,5h}{5a} = \frac{3 \cdot 3,8 \cdot 0,5 \cdot 3,2}{5 \cdot 3,8} = 0,96 \text{ м}$$

$$X_9 = 1,5h - x = 4,8 - 0,96 = 3,84 \text{ м}$$

(2 мст)

$$D_9 = \frac{-V_A \cdot 8a - P \cdot D \cdot 5a + P \cdot U \cdot 8a - P \cdot V \cdot a}{V_B}$$

$$D_9 = \frac{-2,6 \cdot 8 \cdot 3,8 - 22 \cdot 5 \cdot 3,8 + 27 \cdot 8 \cdot 3,8 - 25 \cdot 3,8}{3,84} = -74,0208$$

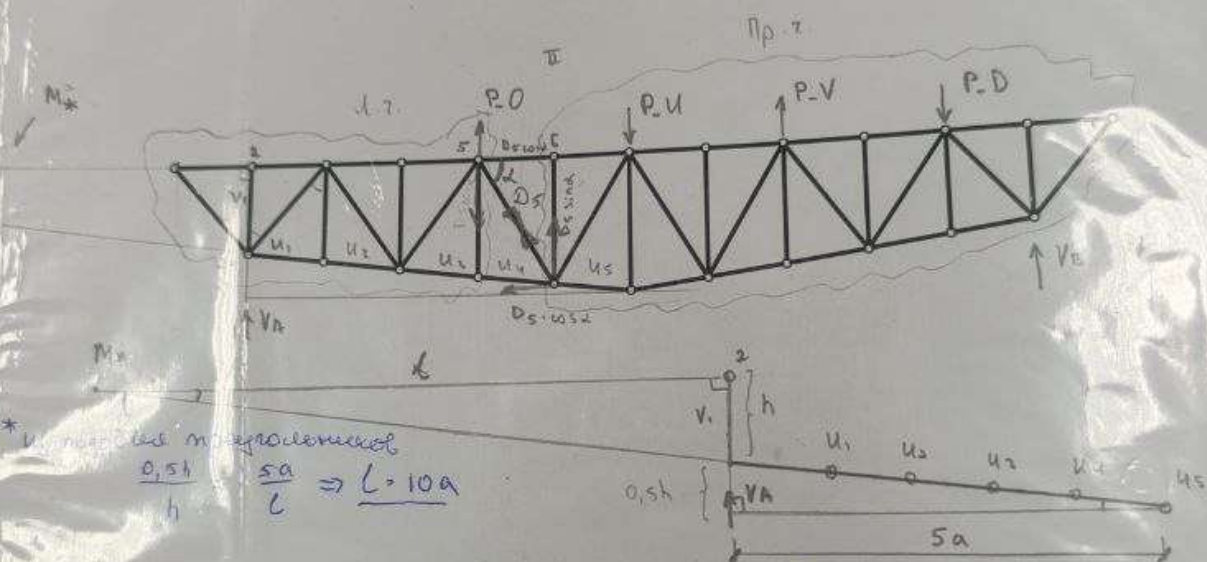
Проверка: $\sum M_K = 0; -V_B \cdot 2a + P \cdot D \cdot a = D_9 \cdot V_B = 0$

$$D_9 = \frac{-V_B \cdot 2a + P \cdot D \cdot a}{V_B}$$

$$D_9 = \frac{-97,4 \cdot 2 \cdot 3,8 + 120 \cdot 3,8}{3,84} = -74,0208$$

Проверка выполняется

2) Находим усилие в стержне D_5



$$\sum M_K = 0; -V_A \cdot 10a - P \cdot O \cdot 13a + D_5 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$D_5 = \frac{V_A \cdot 10a + P \cdot O \cdot 13a}{\sin \alpha \cdot 13a} = \frac{2,6 \cdot 10 \cdot 3,8 + 22 \cdot 13 \cdot 3,8}{0,7626 \cdot 13 \cdot 3,8} = 31,4712$$

Проверка:

$$\sum M_K = 0; -V_B \cdot 20a + P \cdot D \cdot 19a - P \cdot V \cdot 17a + P \cdot U \cdot 15a - D_5 \cdot \sin \alpha \cdot 14a + D_5 \cdot \cos \alpha \cdot V_5 = 0$$

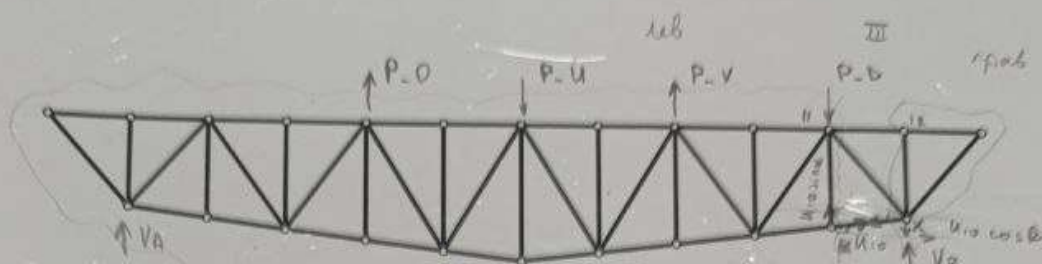
$$-V_B \cdot 20a + P \cdot D \cdot 19a - P \cdot V \cdot 17a + P \cdot U \cdot 15a - D_5 \cdot (\sin \alpha \cdot 14a - \cos \alpha \cdot V_5) = 0$$

$$D_5 = \frac{-V_B \cdot 20a + P \cdot D \cdot 19a - P \cdot V \cdot 17a + P \cdot U \cdot 15a}{\sin \alpha \cdot 14a - \cos \alpha \cdot V_5}$$

$$D_5 = \frac{-97,4 \cdot 20 \cdot 3,8 + 120 \cdot 19 \cdot 3,8 - 25 \cdot 17 \cdot 3,8 + 27 \cdot 15 \cdot 3,8}{0,7626 \cdot 14 \cdot 3,8 - 0,6468 \cdot 4,48} = 31,4712$$

Проверка выполняется

3) Найдём усиление в стержне U_{10} .



$$\sum M_{II} = 0; -V_B \cdot a + U_{10} \cos \beta \cdot h + U_{10} \sin \beta \cdot a = 0$$

$$-V_B \cdot a + U_{10} \cdot (\cos \beta \cdot h + \sin \beta \cdot a) = 0$$

$$U_{10} = \frac{V_B \cdot a}{\cos \beta \cdot h + \sin \beta \cdot a}$$

$$U_{10} = \frac{97.4 \cdot 3.8}{0.9964 \cdot 3.2 + 0.0879 \cdot 3.8} = 105.5285$$

Проверка

$$\sum M_{I, II} = 0; V_A \cdot 9a + P \cdot 0 \cdot 6a - P \cdot 4 \cdot 3a + P \cdot V \cdot 2a - P \cdot 0 - U_{10} \cos \beta \cdot a \cdot (h + x) = 0$$

$$U_{10} = \frac{V_A \cdot 9a + P \cdot 0 \cdot 6a - P \cdot 4 \cdot 3a + P \cdot V \cdot 2a}{\cos \beta \cdot (h + x)}$$

$$U_{10} = \frac{2.6 \cdot 9 \cdot 3.8 + 22 \cdot 6 \cdot 3.8 - 27 \cdot 4 \cdot 3.8 + 25 \cdot 2 \cdot 3.8}{0.9964 \cdot (3.2 + 0.8)} = 105.5276$$

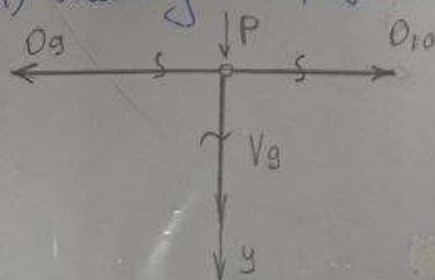
$$105.5285 - 105.5276 = 0.0009 \leq [1\%]$$

Проверка выполняется.

8) Построение линий висящие в ферме.

Действует только единичная подвижная сосредоточенная нагрузка по узлам верхнего пояса. Линии висящие исполняют усиление стержней тем же методом, что использовалось при вычислении усиления.

1) Метод вырезания узлов



т.к. узел 16 не загружен, единичная нагрузка не доходит до нижнего пояса $\Rightarrow V_g = 0$

2) Метод моментной точки

Сечение I

I суграй: нагрузка справа

$$9a \leq x \leq 12a$$

$$\sum M_{16}^{\text{I суграй}} = 0; V_A \cdot 8a + D_5 \cdot x_9 = 0$$

$$D_5 = \frac{-V_A \cdot 8a}{x_9}$$

$$D_5 = V_A \cdot \left(\frac{-8 \cdot 3,8}{3,84} \right) = -7,9166 V_A$$

II суграй: нагрузка слева

$$0 \leq x \leq 8a$$

$$\sum M_{16}^{\text{II суграй}} = 0; -V_B \cdot 2a - D_5 \cdot x_9 = 0$$

$$D_5 = \frac{-V_B \cdot 2a}{x_9}; \quad D_5 = -\frac{2 \cdot 3,8}{3,84} \cdot V_B$$

$$D_5 = -1,9792 \cdot V_B$$

Сечение II

I суграй: нагрузка слева

$$0 \leq x \leq 4a$$

$$\sum M_x^{\text{I суграй}} = 0; -V_B \cdot 20a - D_5 \cdot \sin \alpha \cdot 14a + D_5 \cdot \cos \alpha \cdot V_5 = 0$$

$$-V_B \cdot 20a - D_5 (\sin \alpha \cdot 14a - \cos \alpha \cdot V_5)$$

$$D_5 = \frac{-V_B \cdot 20a}{\sin \alpha \cdot 14a - \cos \alpha \cdot V_5} = \frac{-20 \cdot 3,8}{0,7626 \cdot 14 \cdot 3,8 - 0,6461 \cdot 3,2} \cdot V_B = -2,0174 V_B$$

II суграй: нагрузка справа

$$5a \leq x \leq 12a$$

$$\sum M_x^{\text{II суграй}} = 0; -V_A \cdot 10a + D_5 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$D_5 = \frac{V_A \cdot 10a}{\sin \alpha \cdot 13a}$$

$$D_5 = \frac{10 \cdot 3,8}{0,7626 \cdot 13 \cdot 3,8} \cdot V_A = +1,0086 V_A$$

Сечение III

I суграй: нагрузка слева

$$0 \leq x \leq 10a$$

$$\sum M_{11}^{\text{I суграй}} = 0; -V_B \cdot a + U_{10} \cdot \sin B \cdot a + U_{10} \cos B \cdot b = 0$$

$$-V_B \cdot a + U_{10} \cdot (\sin B \cdot a + \cos B \cdot b) = 0$$

$$U_{10} = \frac{V_B \cdot a}{\sin B \cdot a + \cos B \cdot b} = \frac{3,8}{0,0839 \cdot 3,8 + 0,9964 \cdot 3,2} \cdot V_B = 1,0635 V_B$$

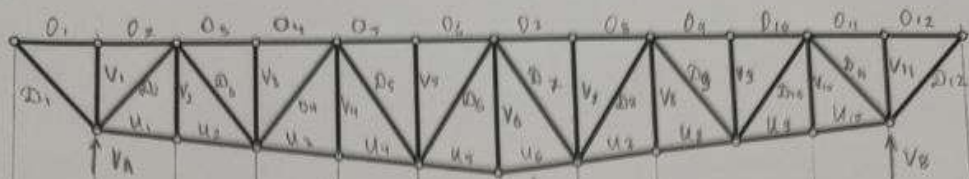
II суграй: нагрузка справа

$$11a \leq x \leq 12a$$

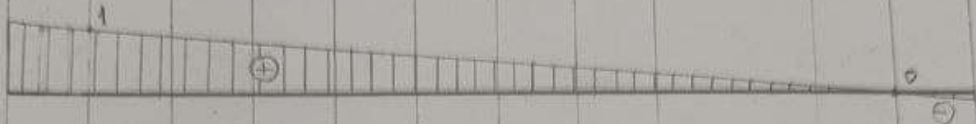
$$\sum M_{11}^{\text{II суграй}} = 0; V_A \cdot 9a - U_{10} \cos B \cdot (h+x) = 0$$

$$U_{10} = \frac{V_A \cdot 9a}{\cos B \cdot (h+x)} = \frac{9 \cdot 3,8}{0,9964 \cdot (3,2+0,32)} \cdot V_A = 9,7510 V_A$$

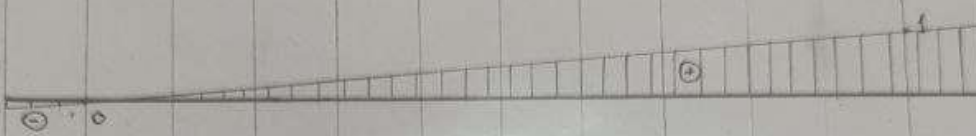
линии влияния в ферме



Л.В. V_A



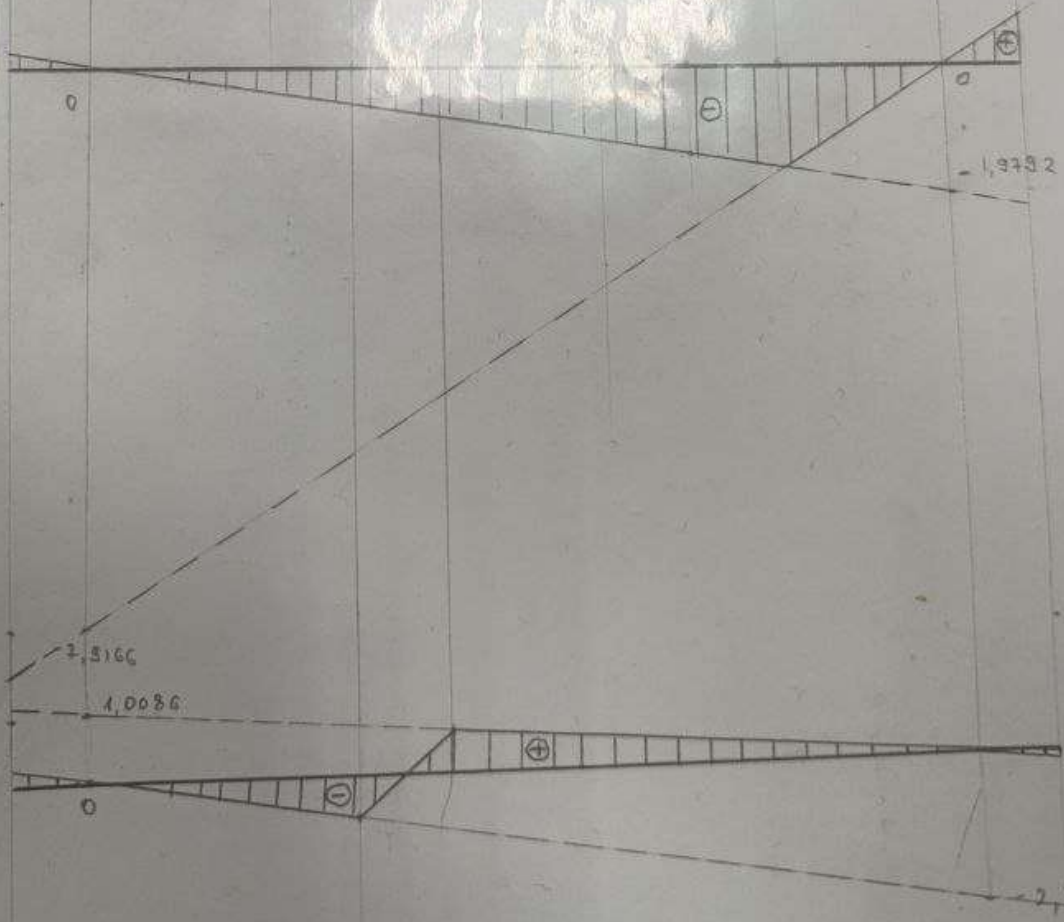
Л.В. V_B



Л.В. V_1

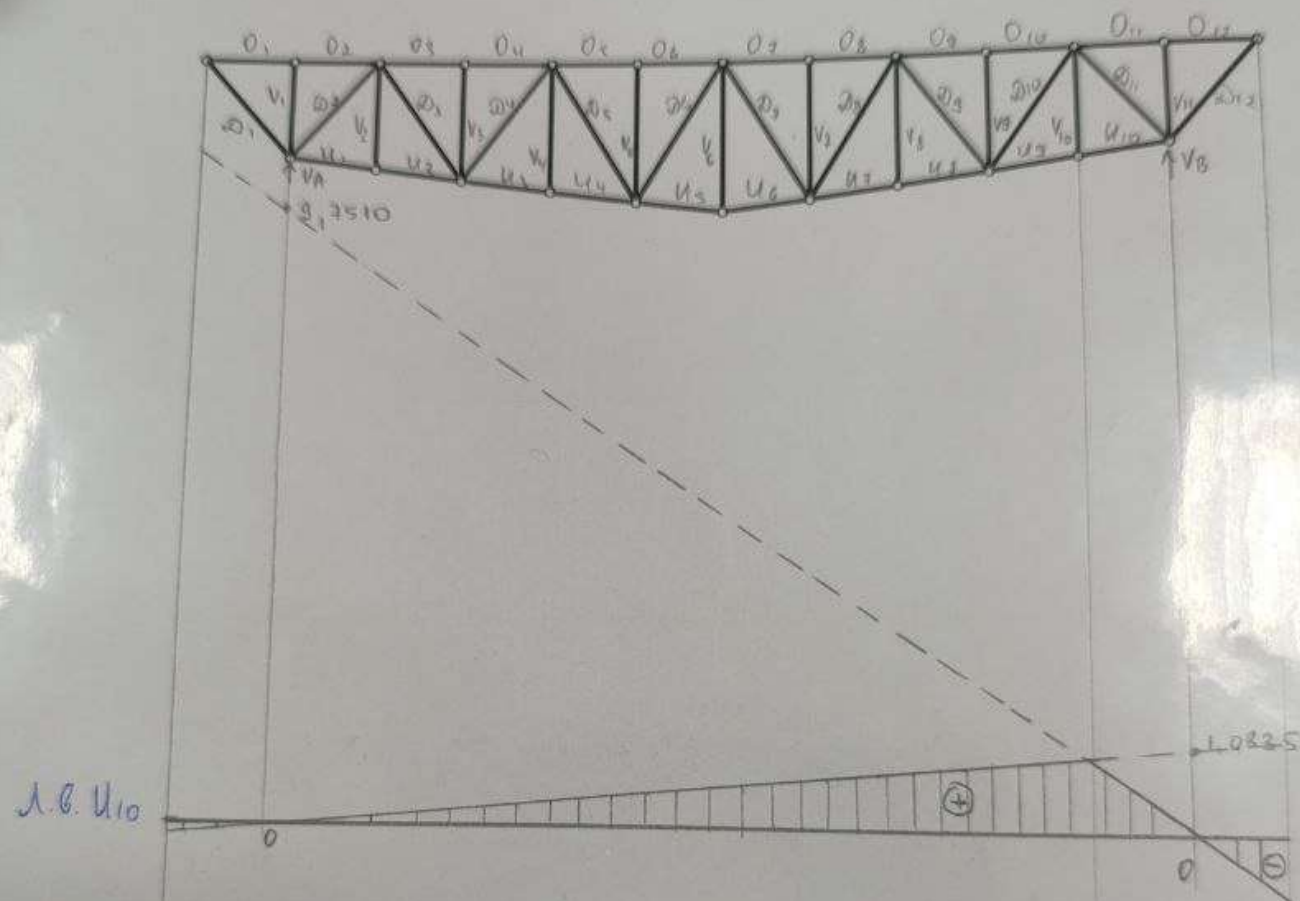


Л.В. D_5



Л.В. D_5

Линии влияния в ферме
(продолжение)



$$1) x^2 - 25 = 0$$

$$x^2 = 25$$

$$x_1 = 5$$

$$x_2 = -5$$

$$2) x^2 - 49 = 0$$

$$x^2 = 49$$

$$x_1 = 7$$

$$x_2 = -7$$

$$3) 4x^2 = 81$$

$$x^2 = 81 : 4$$

$$x_1 = 4,5$$

$$x_2 = -4,5$$

$$4) x^2 + 13 = 4$$

$$x^2 = 4 - 13$$

$$x^2 = -9$$

$$5) 4x^2 = 16x$$

$$4x^2 - 16x = 0$$

$$4x(x-4) = 0$$

$$x = 0 \text{ или } x = 4$$

$$6) 7x^2 - 8x = 5x^2 - 13x$$

$$\underline{7x^2 - 8x} - \underline{5x^2 + 13x} = 0$$

$$2x^2 - 5x = 0$$

$$x(2x+5) = 0$$

$$x = 0 \text{ или } \cancel{x} = 2x + 5 = 0$$

$$2x = -5$$

$$x = -5 : 2$$

$$x = -\frac{5}{2}$$